

Estudio para el diseño de un prototipo de sistema de entrenamiento físico basado en Arduino y App móvil

Memoria

Máster en ingeniería industrial

Escuela Superior de Ingeniería Industrial,
Aeronáutica y Audiovisual de Terrassa
(ESEIAAT)

Nombre: Alejandro Rosa Hernández

Director: Juan Antonio Ortega

Fecha: 20 de Abril de 2017

Índice

Tabla de ilustraciones	3
Índice de tablas	5
Tabla de ecuaciones.....	6
Tabla de abreviaciones.....	7
Agradecimientos	8
1. Introducción	9
1.1. Objeto del proyecto	9
1.2. Justificación	9
1.3. Estado del arte	9
1.4. Alcance.....	11
1.5. Especificaciones básicas.....	11
1.5.1. Hardware.....	11
1.5.2. Software	13
1.6. Distribución temporal	14
1.7. Android	18
1.8. Arduino	18
2. Hardware	20
2.1. Arduino NANO.....	20
2.2. Módulo Bluetooth HC-05	22
2.3. Sensor de infrarrojos	22
2.4. Zumbador	24
2.5. Switch.....	25
2.6. Iluminación	26
2.7. Situación espacial del Hardware.....	27
3. Software	28
3.1. Herramientas de diseño de Software.....	28
3.1.1. IDE Arduino	28
3.1.2. App Inventor	28
3.2. Software Arduino	30
3.2.1. Programa principal	30
3.2.2. Funciones.....	34
3.3. Aplicación para Android.....	43
3.3.1. Pantalla de inicio	43
3.3.2. Pantallas usuarios	44
3.3.3. Gestión de dispositivos.....	45
3.3.4. Pantallas entrenamiento	46

3.3.5. Pantalla de resultados	48
4. Presupuestos.....	50
4.1. Costes directos.....	50
4.2. Costes indirectos	50
4.3. Costes totales.....	50
5. Futuras modificaciones	51
6. Situación del mercado	53
6.1. Situación de España dentro de Europa	53
6.2. Mercado español	54
6.3. El proyecto dentro del sector	58
7. Conclusiones	61
8. Bibliografía	62

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Izquierda, sistema Batak utilizado por pilotos de la F1. Derecha, clásico juego Simon.....	10
Ilustración 2: Sistema FITLIGHT Trainer.....	10
Ilustración 3: Sistema Boxing Training desarrollado por los estudiantes	11
Ilustración 4: Arquitectura del sistema centralizado en la aplicación	12
Ilustración 5: Arquitectura del sistema centralizado en un dispositivo	13
Ilustración 6: Partes del estudio y diseño del prototipo	14
Ilustración 7: Duración tareas	16
Ilustración 8: Diagrama de Gantt	17
Ilustración 9: Logo de Android	18
Ilustración 10: Logo Arduino	19
Ilustración 11: Massimo Banzi enseñando una placa realizada con colaboración de Intel.....	19
Ilustración 12: Arduino NANO	20
Ilustración 13: Pinout Arduino NANO	21
Ilustración 14: Módulo Bluetooth HC-05.....	22
Ilustración 15: Izquierda a derecha. Sensor de movimiento, CNY-70, sensor IR SHARP	23
Ilustración 16: Valores de tensión en función de la distancia medida.....	23
Ilustración 17: Gráfica ajusta para Arduino. Eje X distancia en cm, eje y valor de 0 a 1023	24
Ilustración 18: Zumbador	24
Ilustración 19: Switch de cuatro canales	25
Ilustración 20: Correspondencia bits con cada canal del switch	25
Ilustración 21: Esquema conexión para la lectura analógica del switch	26
Ilustración 22: Localización diodos LED en el dispositivo.....	27
Ilustración 23: Situación espacial del Hardware en el dispositivo	27
Ilustración 24: IDE de Arduino	28
Ilustración 25: Pantalla de diseño App Inventor	29
Ilustración 26: Pantalla de bloques de App Inventor	29
Ilustración 27: Secuencia bloques principales Arduino.....	30
Ilustración 28: Secuencia bloque Setup Arduino	31
Ilustración 29: Secuencia bloque Loop	33
Ilustración 30: Secuencia función configuración módulo BT	35
Ilustración 31: Parámetros de entrada función de lectura del switch	36
Ilustración 32: Secuencia función de lectura del switch.....	37
Ilustración 33: Secuencia función cálculo del multiplicador	38
Ilustración 34: Secuencia función cálculo del tiempo de respuesta	39
Ilustración 35: Secuencia función de error	40
Ilustración 36: Secuencia función lectura sensor IR	41
Ilustración 37: Secuencia función espera.....	42
Ilustración 38: Pantalla de inicio.....	43
Ilustración 39: Pantalla creación de usuario.....	44
Ilustración 40: Pantalla editar usuario	44
Ilustración 41: Pantalla de eliminación de usuario.....	45
Ilustración 42: Mensaje confirmación para eliminar usuario	45
Ilustración 43: Pantalla gestión de dispositivos	45
Ilustración 44: Pantalla creación de entrenamientos (tipo aleatorio)	46
Ilustración 45: Pantalla creación de entrenamiento (tipo secuencia)	46
Ilustración 46: Pantalla eliminación de usuario	47

Ilustración 47: Mensaje de aviso de que no hay entrenamientos creados.....	47
Ilustración 48: Pantalla de selección de entrenamiento y deportista	47
Ilustración 49: Pantalla de ejecución de un entrenamiento	48
Ilustración 50: Pantalla de resultados	48
Ilustración 51: Resultados entrenamiento	49
Ilustración 52: Izquierda placa PCB perforada, derecha placa PCB.....	51
Ilustración 53: Bluetooth 4.0	52
Ilustración 54: Tasa de penetración por países.....	53
Ilustración 55: Ingresos del sector por países en Europa.....	53
Ilustración 56: Tendencia del crossfit	54
Ilustración 57: Datos del sector es España	54
Ilustración 58: Tendencia clientes activos	55
Ilustración 59: Amenazas del sector	55
Ilustración 60: Inversión en las salas de fitness	56
Ilustración 61: Inversión según el tipo de centro	56
Ilustración 62: Servicios tecnológicos más valorados	57
Ilustración 63: Programas de salud más ofrecidos.....	57
Ilustración 64: Esquema entrenamiento esprintar	58
Ilustración 65: Entrenamiento esprintar.....	58
Ilustración 66: Esquema entrenamiento saltar	59
Ilustración 67: Entrenamiento saltar.....	59

Índice de tablas

Tabla 1: Tareas	15
Tabla 2: Características técnicas placa Arduino	20
Tabla 3: Listado de señales	22
Tabla 4: Rango de valores de numeración del Switch	25
Tabla 5: Valores de lectura experimentales de la placa Arduino del switch.....	26
Tabla 6: Discriminación de los estados mediante software según los valores experimentales obtenidos	26
Tabla 7: LEDs utilizados	26
Tabla 8: Parámetros de entrada función configuración módulo BT	34
Tabla 9: Parámetros de entrada función cálculo del multiplicador.....	38
Tabla 10: Parámetros de entrada función de cálculo del tiempo de respuesta...	39
Tabla 11: Parámetros de entrada función de conversión de binario a entero.....	39
Tabla 12: Accesos pantalla de inicio	43

Tabla de ecuaciones

Ecuación 1: Fórmula ajusta a Arduino para el cálculo de la distancia en centímetros del sensor IR	24
Ecuación 2: Patrón de nomenclatura del módulo BT del dispositivo	34
Ecuación 3: Ecuación costes totales.....	60
Ecuación 4: Cálculo costes totales	60
Ecuación 5: Cálculo precio de venta de 5 dispositivos	60



Tabla de abreviaciones

Abreviación	Significado
BT	Bluetooth
IR	Infrarrojos
App	Aplicación (referido a aplicación para móvil)
I/O	Input/Output (Entrada/Salida)
PC	Ordenador personal
PWM	Pulse Width Modulation (Modulación por ancho de pulsos)

Agradecimientos

Antes de empezar a explicar el trabajo, quiero agradecer a ciertas personas su colaboración tanto teórica, práctica o moral para la realización de este estudio.

Primero de todo, agradecer al profesor y director del trabajo Juan Antonio Ortega su colaboración y ayuda. Sobre todo, dar gracias a dejarme escoger este trabajo, con el cual he podido ampliar mis conocimientos en ámbitos de la ingeniería que en la carrera no se realizan.

También agradecer a Oscar Sánchez su tiempo, ganas e ideas para la realización de este trabajo y al gimnasio Bunkay por ceder las instalaciones y material para realizar las pruebas.

Agradecer también a mí familia, compañeros de trabajo y amigos todo el apoyo que me han dado para que este trabajo tenga una fecha final y salga todo como debía salir.

1. Introducció

1.1. Objecte del projecte

El treball a realitzar és el estudi per a la creació d'un prototip d'un sistema d'entrenament físic inalàmbic. El sistema consisteix en diferents dispositius comunicats entre sí inalàmbicament equipats amb avisos lluminosos i acústics. Se reproduiran una sèrie de seqüències aleatòries o programades amb les que el deportista haurà reaccionar i activar/desactivar el dispositiu. Una vegada activat/desactivat es connectarà un altre dispositiu i el deportista haurà tornar a activar-lo/desactivar-lo, i així succeirà. En aquests dispositius es podran programar una sèrie d'exercicis a través dels que el deportista podrà guardar els seus resultats i millorar la seva capacitat física.

1.2. Justificació

Hoy en día la vida es més sedentaria que fa uns anys. Degut a això i a la falta d'un bon hàbit alimentici i el augment de la comida ràpida ha aparegut un problema d'obesitat en la societat actual. Així mateix la gent se ha conscient sobre aquest problema i molta gent intenta posar remedi. Una de les formes a les que recorre molta gent es apuntar-se a un gimnasi, on se poden practicar diferents tipus de esports (musculació, piscina, exercici cardiovascular, aeròbic, etc.).

Apart d'això, també hi ha molta gent que fa esport per hobby. Aquest tipus de gent sol practicar un esport o dos, però molta d'aquesta gent acaba també en un gimnasi.

Degut a això i la aparició de la tecnologia en tots i cada un dels àmbits de la vida, inclò el esport, apareix la idea d'aquests dispositius connectats a una aplicació mòbil que permet la programació de diferents tipus d'entrenaments, més senzills o complexos, i registre dels resultats per poder intentar millorar. Aquests dispositius són útils tant per aquelles persones que entrenen la seva forma física de manera simple com per aquelles persones que practiquen un esport i aspiren a competir o ser professionals.

1.3. Estat de l'art

La primera idea d'aquest projecte apareix amb el sistema de millora i mesura dels reflexos "Batak". Aquest sistema el utilitzen molts deportistes d'elit i se utilitza també per rehabilitació mèdica. El funcionament és senzill, es encenen algunes llums de forma aleatòria i l'usuari ha d'ir apagant-les. El funcionament és semblant al clàssic joc infantil de llums "Simon".



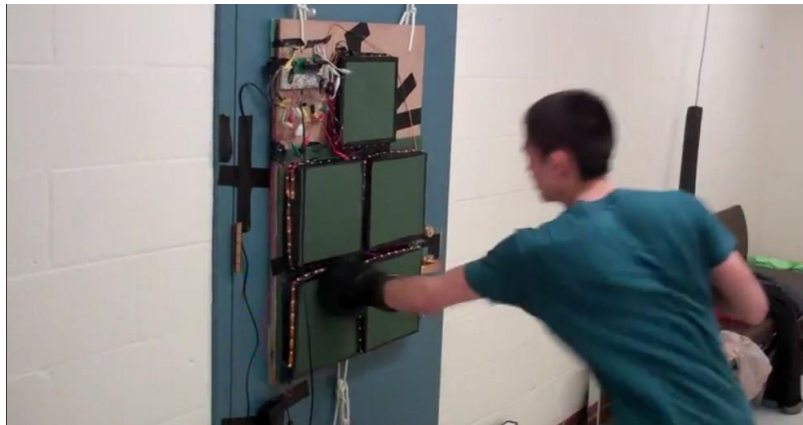
Il·lustració 1: Izquierda, sistema Batak utilizado por pilotos de la F1. Derecha, clásico juego Simon

Han aparecido también otros sistemas de entreno de reflejos diferentes como el sistema “Fitlighttrainer” que funciona de forma similar al sistema “Batak” pero los dispositivos de iluminación y activación/desactivación son inalámbricos y permiten programar secuencias.



Il·lustració 2: Sistema FITLIGHT Trainer

Por otro lado, la idea de este proyecto no es solo centrarse en el entrenamiento de reflejos, sino que aparte de poder programar diferentes secuencias se introduzcan gradualmente otros dispositivos útiles para otro tipo de deportes, por ejemplo los deportes de contacto. En los deportes de contacto la introducción de otros sistemas como el “Boxing Training” desarrollado por un grupo de estudiantes de Cornell puede ser muy útil. Este sistema permite programar secuencias y a través del sistema de sensor resistivo creado con espuma conductora detectar los golpes y medir la capacidad de reacción.



Il·lustració 3: Sistema Boxing Training desenvolupat per els estudiants

Siguient la línia de este sistema de entrenament de boxeo també existen altres que no utilitzen un sensor resistiu, sino un acceleròmetre.

1.4. Alcance

El alcance del proyecto es la realización de un prototipo funcional que cumpla las especificaciones básicas detalladas en el apartado 1.5 y ver la situación actual del mercado del deporte para ver si realmente este prototipo puede tener salida en este mercado.

1.5. Especificaciones básicas

1.5.1. Hardware

El sistema de entrenamiento físico estará basado en Arduino y en una aplicación para móvil o Tablet. De esta manera se pueden distinguir dos grandes grupos: Dispositivos y Smartphone o Tablet.

1.5.1.1. Hardware aplicación

Para la aplicación el único hardware necesario es un Smartphone o Tablet con conexión a internet y conexión Bluetooth.

1.5.1.2. Hardware dispositivo

Los diferentes dispositivos deberán incorporar:

- Placa Arduino para la gestión y control del sistema.
- Batería o pilas.
- LED indicador de que el dispositivo está encendido.
- LEDs RGB para el aviso óptico.
- Zumbador para el aviso acústico.
- Sensor de proximidad o similar (infrarrojos, ultrasonidos...) para detectar al deportista a distancia.
- Dispositivo para comunicación inalámbrica.

1.5.1.3. *Arquitectura del sistema*

El sistema de entrenamiento físico estará centralizado. Hay dos opciones a valorar:

- Sistema centralizado en la aplicación para Smartphone o Tablet
- Sistema centralizado en un dispositivo, el cual se encarga de comunicar con la aplicación

Sistema centralizado en la aplicación

En este tipo de arquitectura la aplicación se encarga de comunicar con todos y cada uno de los dispositivos conectados. El programa es ejecutado por la misma aplicación.

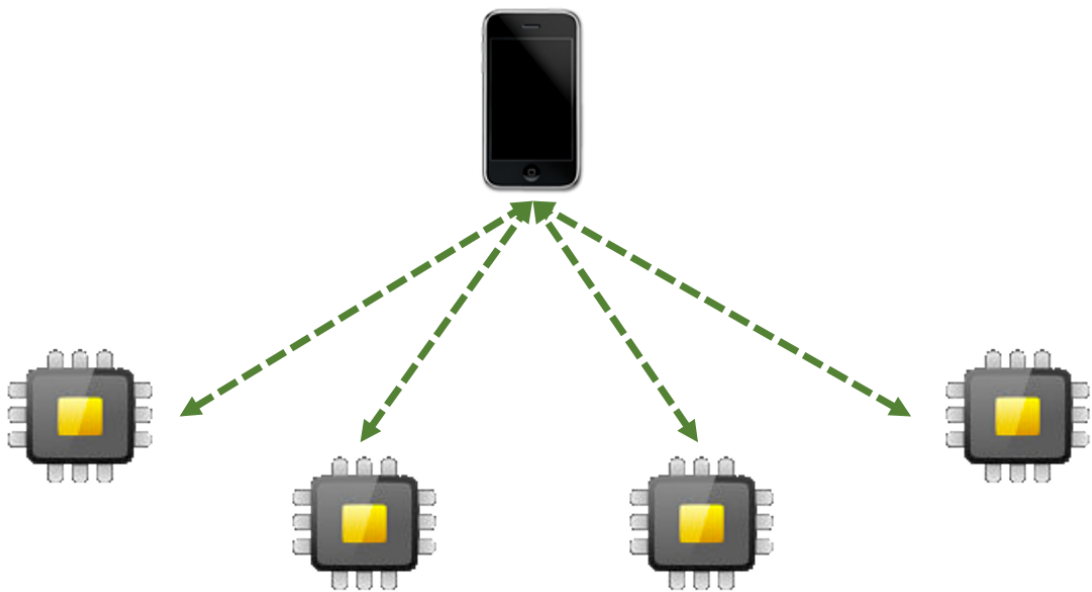
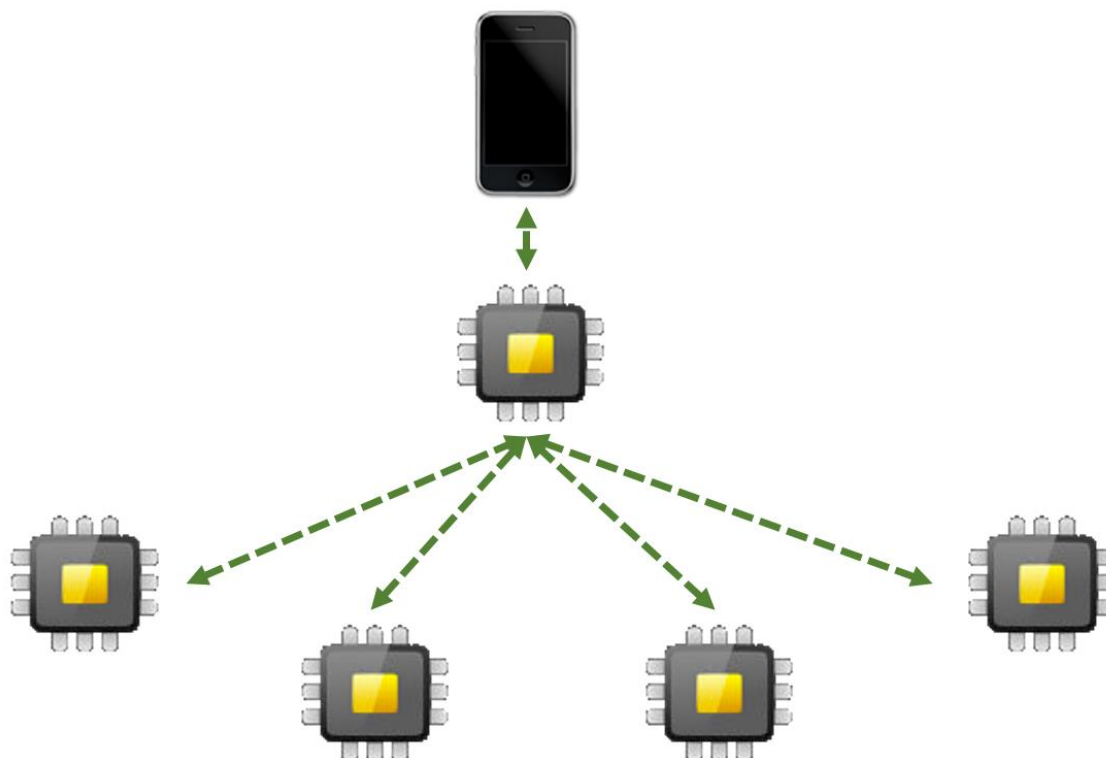


Ilustración 4: Arquitectura del sistema centralizado en la aplicación

Sistema centralizado en un dispositivo

En este tipo de arquitectura uno de los dispositivos (dispositivo central) se encarga de comunicar con el resto de dispositivos y con la aplicación. En este tipo de gestión el programa puede correr en la aplicación o puede ejecutarse en el dispositivo utilizando la aplicación como dashboard.



Il·lustració 5: Arquitectura del sistema centralizado en un dispositivo

1.5.2. Software

El programa se ejecutará en un dispositivo o en la aplicación dependiendo de la arquitectura seleccionada.

El software deberá incorporar las premisas básicas indicadas a continuación.

1.5.2.1. Selección del programa de entreno

El programa de entreno podrá ser creado o cargado de un programa anteriormente guardado. Se deberá poder introducir el nombre del deportista que realiza el ejercicio, pero solo el administrador puede crear dicho programa.

1.5.2.2. Modos de entreno

Respecto a los modos de entreno se pueden distinguir dos tipos:

- Cuenta atrás: Se cuentan el número de secuencias realizadas por el deportista durante el Set Point tiempo programado.
- Secuencia completa: Se ejecuta una secuencia completa programada y se calcula el tiempo que tarda el deportista en realizarla.

1.5.2.3. Cantidad de dispositivos

La cantidad de dispositivos debe ser variable y se debe poder elegir los que se van a utilizar en la rutina de entrenamiento.

1.5.2.4. Tipo de aviso/activación

Mediante la aplicación se debe poder seleccionar el tipo de aviso (óptico y/o acústico). También se debe poder escoger una función rápida para el entrenamiento. Esto quiere decir que durante la programación se puede escoger un tipo de aviso y activación concreto para todo el programa.

1.5.2.5. LEDs RGB

Mediante la aplicación se debe poder seleccionar el color de cada uno de los dispositivos. Para los LEDs RGB también deberá haber una función rápida dónde se escogerá un color para todos los dispositivos.

1.5.2.6. Intervalos

Los intervalos de espera se deben poder programar con uno de los siguientes modos de entrenamiento:

- Secuencial: En cuanto se desactiva un aparato se enciende el siguiente secuencialmente.
- Automático o aleatorio: El programa decide qué tiempo de espera aplica entre dispositivos dentro de unos valores predefinidos.
- Manual: El usuario escoge el tiempo de espera entre dispositivos.

1.6. Distribución temporal

El proyecto se divide en las siguientes partes:

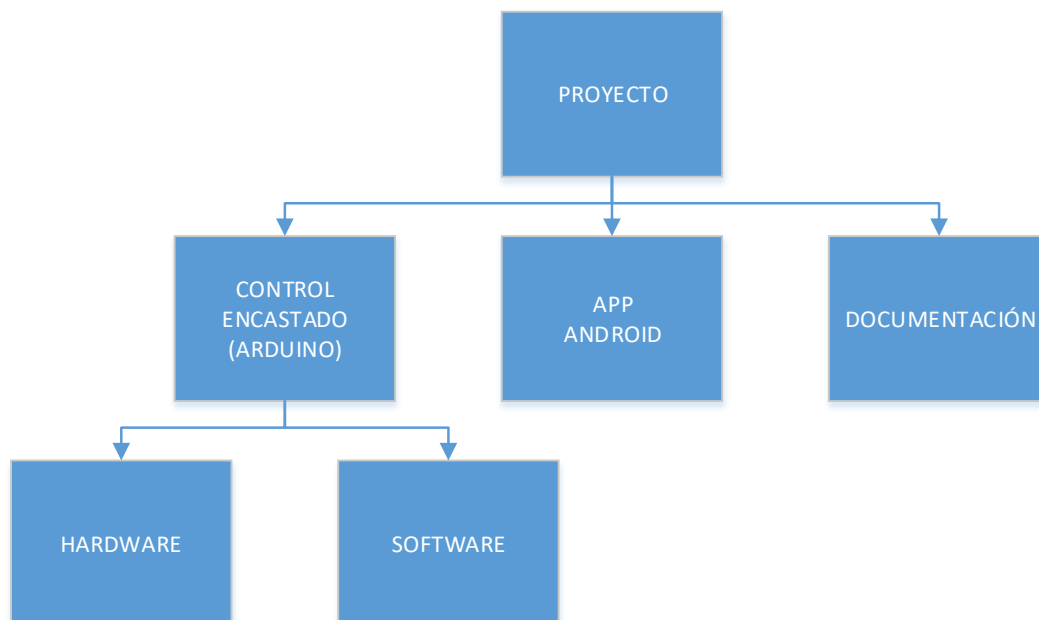


Ilustración 6: Partes del estudio y diseño del prototipo

Por lo tanto las tareas con sus precedencias son las siguientes:

Precedentes	Actividad	Tarea	Descripción
Control encastado (Arduino)			
Hardware			
-	A	Selección de componentes	Selección de los diferentes componentes de hardware
A	B	Esquemas eléctricos	Creación de los esquemas eléctricos
Software			
A	C	Configuración BT	Configuración del módulo BT
A	D	Configuración sensor IR	Estudio del funcionamiento del sensor de infrarrojos y su código en Arduino
A	E	Configuración zumbador	Estudio del funcionamiento del zumbador y su código Arduino
A,C	F	Diseño de la comunicación	Estudio y diseño de cómo efectuar la comunicación BT
A,C,D,E,F	G	Diseño del programa en Arduino	Creación del software de control de Arduino
App Android			
A,C,D,E,F	H	Diseño de la App de Android	Creación de la aplicación para Android de control del vehículo
Documentación			
G,H	I	Documentación	Revisión y finalización de los documentos del proyecto

Tabla 1: Tareas

Distribuidas en el calendario con fecha de inicio el día 14/09/16 y fecha final el día 20/04/17 queda de la siguiente forma:

















		Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1			▸ Proyecto	157 días	mié 14/09/16	jue 20/04/17	
2			▸ Hardware	20 días	mié 14/09/16	mar 11/10/16	
3			Selección de componentes	10 días	mié 14/09/16	mar 27/09/16	
4			Esquemas eléctricos	10 días	mié 28/09/16	mar 11/10/16	3
5			▸ Software	133 días	mié 28/09/16	vie 31/03/17	
6			Configuración BT	35 días	mié 28/09/16	mar 15/11/16	3
7			Configuración sensor IR	10 días	mié 28/09/16	mar 11/10/16	3
8			Configuración zumbador	10 días	mié 28/09/16	mar 11/10/16	3
9			Diseño de la comunicación	20 días	mié 16/11/16	mar 13/12/16	3;6
10			Diseño del programa de Arduino	78 días	mié 14/12/16	vie 31/03/17	3;6;7;8;9
11			▸ App Android	78 días	mié 14/12/16	vie 31/03/17	
12			Diseño de la aplicación de Android	78 días	mié 14/12/16	vie 31/03/17	3;6;7;8;9
13			▸ Documentación	14 días	lun 03/04/17	jue 20/04/17	
14			Documentación	14 días	lun 03/04/17	jue 20/04/17	10;12

Ilustración 7: Duración tareas

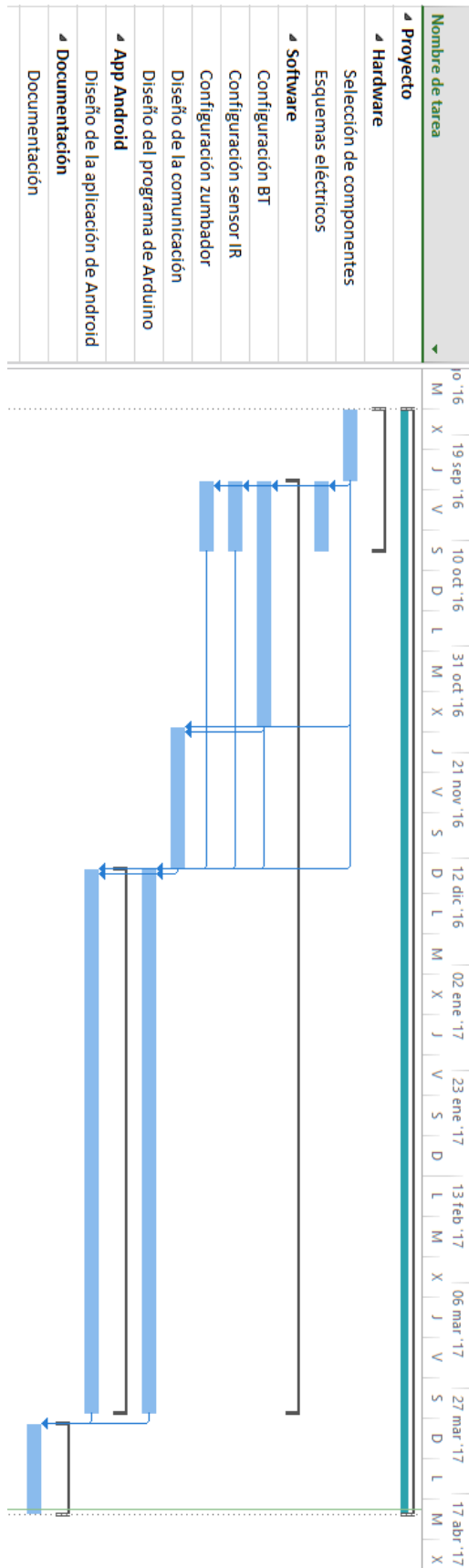


Ilustración 8: Diagrama de Gantt

1.7. Android

Android es un sistema operativo creado para móviles táctiles y tabletas basado en Kernel de Linux.

Este sistema operativo fue desarrollado por Android INC. En el año 2005, Google compró esta empresa y en el año 2008 se comercializó el HTC Dream, el primer dispositivo móvil con sistema operativo Android. Google liberó la mayoría de código de Android bajo licencia Apache, libre y de código abierto.

Las aplicaciones para este sistema operativo se desarrollan en Java. Hay herramientas que permiten el diseño de aplicaciones sin la necesidad de programar en java, como App inventor, el software utilizado para el desarrollo de este trabajo. Esta herramienta se explica en el apartado 3.1.2.

En Google Play, ya hay más de 1.000.000 de aplicaciones para Android (de las cuales, dos tercios son gratuitas), aparte, hay otras tiendas de aplicaciones en las cuales se pueden encontrar más aplicaciones.

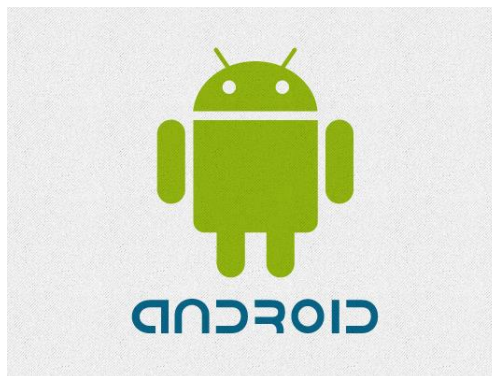


Ilustración 9: Logo de Android

1.8. Arduino

Las placas Arduino surgieron en Italia en el año 2005 a partir de una idea con fines educativos de Massimo Banzi. Este, estudiante del instituto IVRAE pensó en este proyecto para ayudar a los estudiantes de computación y electrónica del mismo instituto a aprender de forma más sencilla trabajos con procesadores, muy caros y sin un soporte educacional adecuado.

Banzi con este proyecto, aparte de mejorar el aprendizaje de los alumnos del instituto, pensaba vender estas placas en el mismo instituto a un euro por placa y así salvarlo de la banca rota.

El primer prototipo creado en el instituto IVRAE, contaba con un microcontrolador al cual solo se podían conectar LEDs y resistencias y no contaba con ningún lenguaje de programación.

Años más tarde, con motivo de la realización de su tesis doctoral, el colombiano Hernando Barragán se unió al proyecto contribuyendo al desarrollo de un entorno de programación en colaboración con David Mellis.

Más tarde, un estudiante español, David Cuartielles, experto en circuitos y ordenadores entró en el equipo mejorando el hardware de la placa de Banzi.

Tom Igoe, estudiante estadounidense que realizaba su tesis, escucho que se estaba desarrollando una placa pre-ensamblada de software libre y mostró su interés. Banzi, invitó a Igoe a participar en el proyecto quien mejoró la potencia de la placa y añadió puertos USB para poder conectar la placa al ordenador. Este, sugirió también a Banzi vender esta placa a nivel mundial.

Cuando la primera placa estuvo lista, consultaron al publicista Gianluca Martino, quien colaboró en la distribución de la placa dentro del campus. Viendo la aceptación de esta, contactaron con un amigo de Banzi, Natan Sadle, quien se ofreció a fabricar en masa estas placas.

Esta placa empezó a distribuirse por Italia, y gracias a los grandes resultados, después las vendieron en España y viendo la gran aceptación, se siguieron distribuyendo por todo el mundo.



Ilustración 10: Logo Arduino

Hoy en día las placas Arduino es la herramienta de diseño de autómatas más utilizada y más económica. Estas placas son líderes mundiales en tecnologías DIY (Do It Yourself) y se han vendido más de 250mil placas por todo el mundo sin contar versiones clones y compatibles.

El nombre de las placas, Arduino, proviene del bar Bar di Re Arduino dónde Banzi pasaba muchas horas y que tiene el nombre de un rey europeo del año 1002. Se comercializaron de color azul para diferenciarlas del resto.

Finalmente, comentar que la evolución de estas placas ha sido tan interesante que hoy en día empresas como Google o Intel colaboran con Arduino para la mejora de sus placas.



Ilustración 11: Massimo Banzi enseñando una placa realizada con colaboración de Intel

2. Hardware

En este apartado se explican los diferentes dispositivos utilizados para el desarrollo del prototipo.

En el documento de planos se encuentran los planos de montaje y esquemas eléctricos que muestran cómo está montado el hardware.

2.1. Arduino NANO

La placa Arduino utilizada en el proyecto es la Arduino NANO. Se ha escogido esta placa porque tiene suficientes entradas y salidas digitales y analógicas para la realización del proyecto y el tamaño es reducido.



Ilustración 12: Arduino NANO

Las características técnicas de la placa son las siguientes:

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5V
Memoria flash	32kB
SRAM	2kB
EEPROM	1kB
velocidad	16MHz
Pins analógicos I/O	8
Pins digitales I/O	22
Salidas PWM	6
Consumo	19mA
Tamaño PCB	18x45mm
Peso	7g

Tabla 2: Características técnicas placa Arduino

En la siguiente imagen se muestra el pinout de la placa:

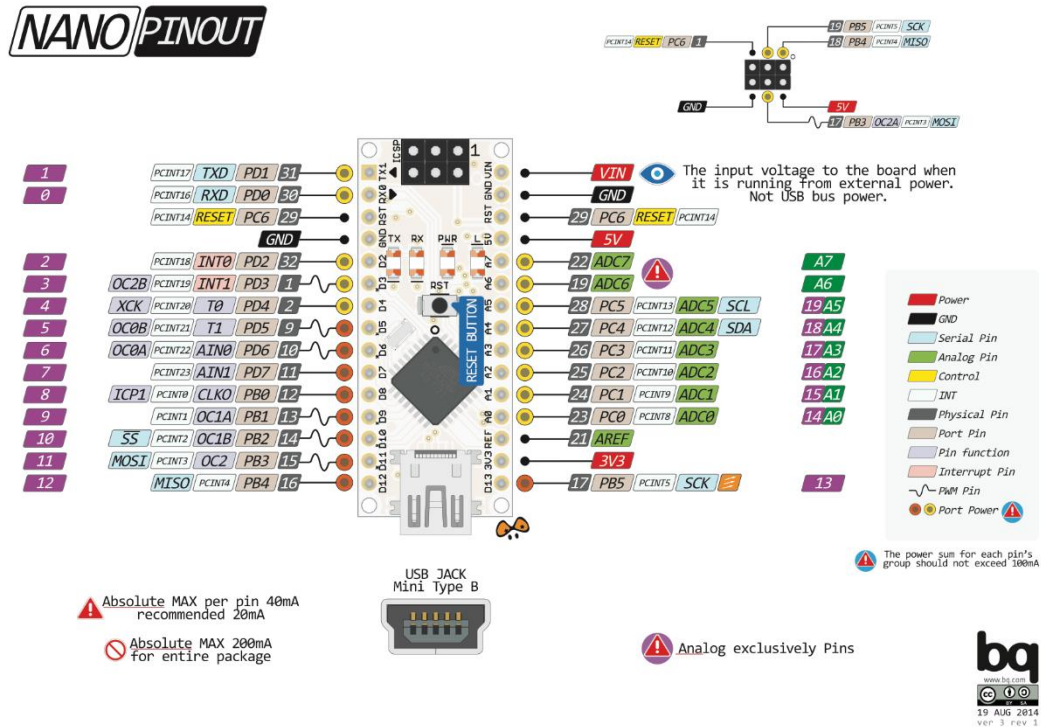


Ilustración 13: Pinout Arduino NANO

La distribución de las diferentes señales de entrada y salida tanto analógicas como digitales se han distribuido como se muestra en la siguiente tabla (ver esquemas eléctricos en los anexos):

PIN	DESCRIPCIÓN	Tipo
0	RX Serie (puerto serie PC)	Comunicación serie
1	TX Serie (puerto serie PC)	Comunicación serie
2	Zumbador	Salida digital
3	RX Bluetooth HC-05	Comunicación serie
4	TX Bluetooth HC-05	Comunicación serie
5	VCC Bluetooth HC-05	Salida digital
6	ENABLE Bluetooth HC-05	Salida digital
7	Reserva	-
8	LED configuración	Salida digital
9	LED RGB B (azul)	Salida PWM
10	LED RGB G (verde)	Salida PWM
11	LED encendido	Salida digital
12	LED RGB R (rojo)	Salida PWM
13	Reserva	-
A0	Switch parte 1	Entrada analógica
A1	Switch parte 2	Entrada analógica
A2	Reserva	-

PIN	DESCRIPCIÓN	Tipo
A3	Reserva	-
A4	Reserva	-
A5	Sensor IR	Entrada analógica
A6	Reserva	-
A7	Reserva	-

Tabla 3: Listado de señales

2.2. Módulo Bluetooth HC-05

El módulo Bluetooth es el HC-05, un dispositivo adaptado para Arduino. Este módulo utiliza la conexión serie con la placa Arduino.



Ilustración 14: Módulo Bluetooth HC-05

Este dispositivo puede ser utilizado tanto como master o como esclavo. En este proyecto se utilizará como esclavo, ya que el maestro será el dispositivo Android.

El rango total del sistema es de 20m aproximadamente.

La configuración del módulo Bluetooth se puede realizar introduciendo comandos AT mediante la placa Arduino. Los comandos AT permiten cambiar el nombre, velocidad, clave de seguridad etc. (ver datasheet en los anexos).

2.3. Sensor de infrarrojos

Para la desactivación de los dispositivos se han valorado tres tipos de sensores aptos para placas Arduino.

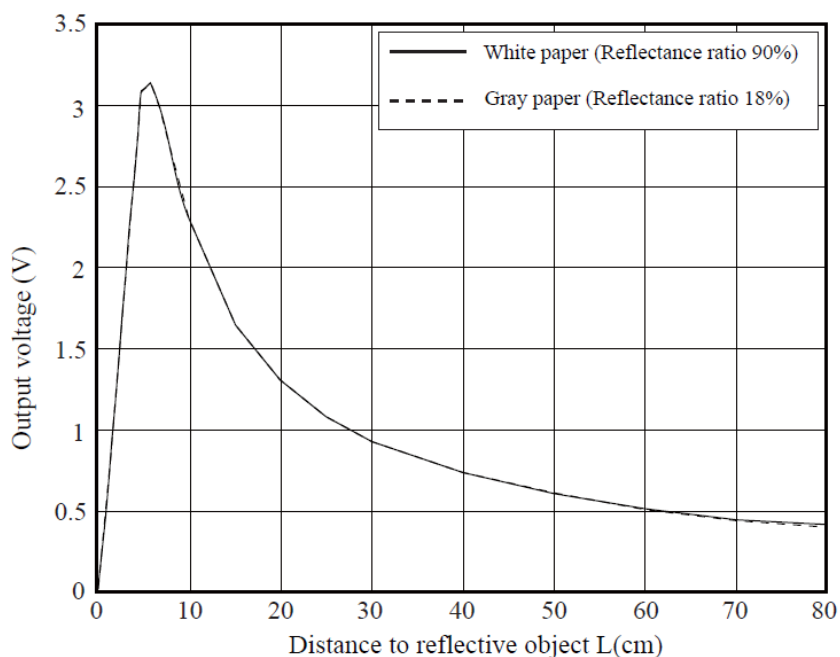
- Sensor PIR de movimiento
- Sensor IR CNY-70
- Sensor IR SHARP 2Y0A21



Il·lustració 15: Izquierda a derecha. Sensor de movimiento, CNY-70, sensor IR SHARP

El sensor escogido después de realizar diferentes pruebas ha sido el sensor de infrarrojos SHARP 2Y0A21 (ver datasheet en los anexos). Este sensor es un sensor de infrarrojos de medio alcance (10-80cm), permitiendo que no se deba acercar mucho el deportista para desactivar el dispositivo e incluso poder configurar la sensibilidad vía software. El problema y motivo por lo que no se han escogido ninguno de los otros dos sensores es que el CNY-70 es un sensor de corto alcance, de manera que el dispositivo perdía flexibilidad para programar entrenamientos (dependiendo del entrenamiento puede interesar que el dispositivo detecte a unos centímetros de distancia), en cambio, el sensor de movimiento se ha descartado porque tiene retardo a la desconexión por Hardware de mínimo 5 segundos, tiempo demasiado alto, y un alcance variable por Hardware demasiado alto, permitiendo desconectar el dispositivo a grandes distancias.

El sensor de infrarrojos es analógico, por lo tanto no solo detecta un obstáculo o movimiento, sino que permite calcular la distancia a la que se encuentra (de esta manera se puede configurar la sensibilidad por software). Para ello, en el datasheet se encuentra la gráfica siguiente que representa la tensión de salida del sensor según la distancia medida:



Il·lustració 16: Valores de tensión en función de la distancia medida

Los puertos analógicos de la placa Arduino mide tensión de 0-5V, que traduce a un valor de 0-1023. La fórmula que ajusta este rango de valores para la placa Arduino es la siguiente:

$$L [cm] = \left(\frac{3027,4}{V [0 - 1023]} \right)^{1.2134}$$

Ecuación 1: Fórmula ajusta a Arduino para el cálculo de la distancia en centímetros del sensor IR

Gráficamente la curva es la siguiente:

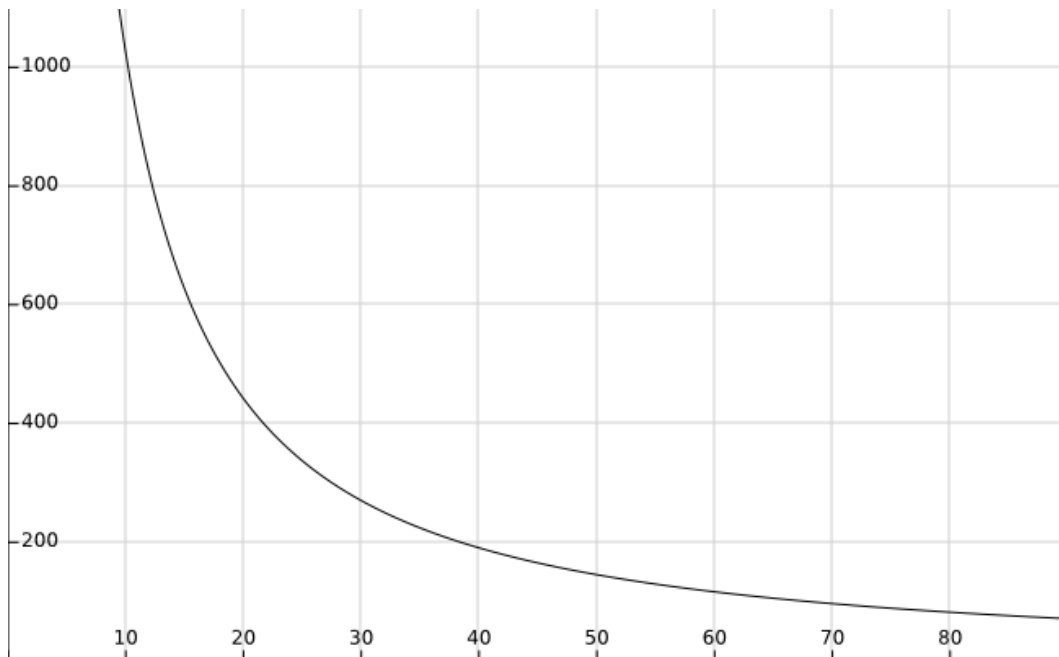


Ilustración 17: Gráfica ajusta para Arduino. Eje X distancia en cm, eje y valor de 0 a 1023

2.4. Zumbador

El zumbador es un transductor electro acústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. En este proyecto se utiliza como aviso acústico en la activación del dispositivo, complementario al aviso lumínico.



Ilustración 18: Zumbador

2.5. Switch

El switch es un elemento que básicamente consta de cuatro interruptores. En el proyecto, este elemento es utilizado para indicar mediante un valor binario el número del dispositivo.

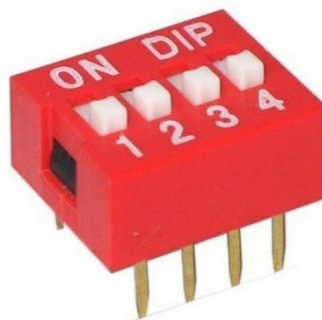


Ilustración 19: Switch de cuatro canales

Al tener cuatro interruptores el rango de números del dispositivo es de 0 a 15, ya que cada uno de los canales corresponde a un bit.



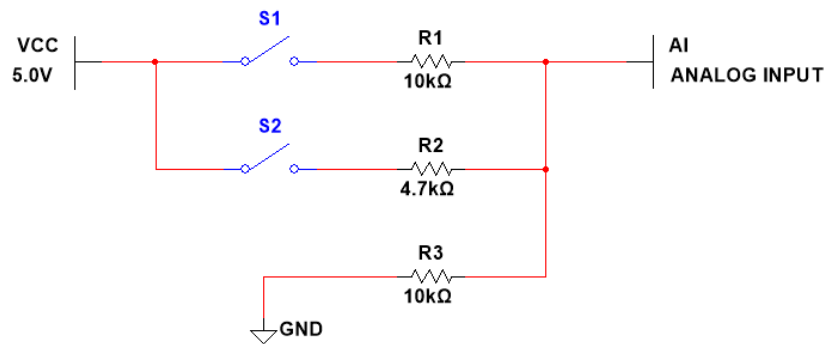
Bit: 3 2 1 0

Ilustración 20: Correspondencia bits con cada canal del switch

	Binario	Decimal
Valor mínimo	0000	0
Valor máximo	1111	15

Tabla 4: Rango de valores de numeración del Switch

Debido a que el número de entradas y salidas digitales de la Arduino NANO es de únicamente 13, se ha decidido leer el switch con dos entradas analógicas. Para ello se ha diseñado un pequeño Hardware con resistencias que según el interruptor que esté activado envía a la placa Arduino un valor de tensión u otro. Mediante Software, según este valor de tensión leído se interpreta que canales están encendidos. Para una discriminación menos precisa y más robusta se ha dividido el switch en dos partes: Los interruptores 1 y 2 se leerán en una entrada analógica y los interruptores 3 y 4 en otra. El circuito eléctrico para la lectura de dos canales es el siguiente:



Il·lustració 21: Esquema connexió per a lectura analògica del switch

De forma experimental se han medido los diferentes valores recibidos por la placa Arduino según el estado de los interruptores S1 y S2 del esquema. Los valores son los mostrados en la siguiente tabla:

Estado	S1	S2	Valor analógico leído
0	OFF	OFF	0
1	OFF	ON	694
2	ON	OFF	510
3	ON	ON	774

Tabla 5: Valores de lectura experimentales de la placa Arduino del switch

De esta manera, se han definido para cada estado los siguientes rangos de valores:

Estado	Rango
0	Valor<100
1	650<Valor<720
2	450<Valor<650
3	720<Valor<800
Error	Valor fuera de los rangos anteriores

Tabla 6: Discriminación de los estados mediante software según los valores experimentales obtenidos

2.6. Iluminación

En este proyecto la iluminación se ha realizado mediante diodos LED por el hecho de que la tensión es compatible con Arduino, son baratos y resistentes a pequeños golpes.

Se han utilizado los LEDs siguientes:

Color	Cantidad por dispositivo
RGB	6
Verde	1
Rojo	1

Tabla 7: LEDs utilizados

El LED de color verde es utilizado como indicador de que el dispositivo está encendido. El LED de color rojo se utiliza para indicar que el módulo Bluetooth se está configurando. Los LEDs RGB son utilizados para la programación del entrenamiento. Se han utilizado LEDs RGB para poder programar diferentes colores de aviso en el entrenamiento. Esto es útil si se utilizan diferentes colores para diferentes tipos de desactivación, como por ejemplo verde desactivar con la mano y azul desactivar con el pie. Este elemento puede tener más o menos utilidad según la capacidad creativa de cada entrenador.

En la imagen siguiente se muestra la situación en el dispositivo de cada uno de los diodos LED:

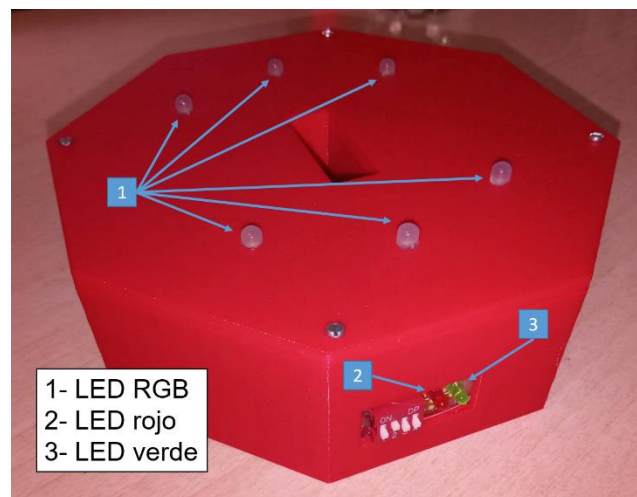


Ilustración 22: Localización diodos LED en el dispositivo

2.7. Situación espacial del Hardware

En la siguiente imagen se muestra donde se encuentra cada elemento dentro del dispositivo.

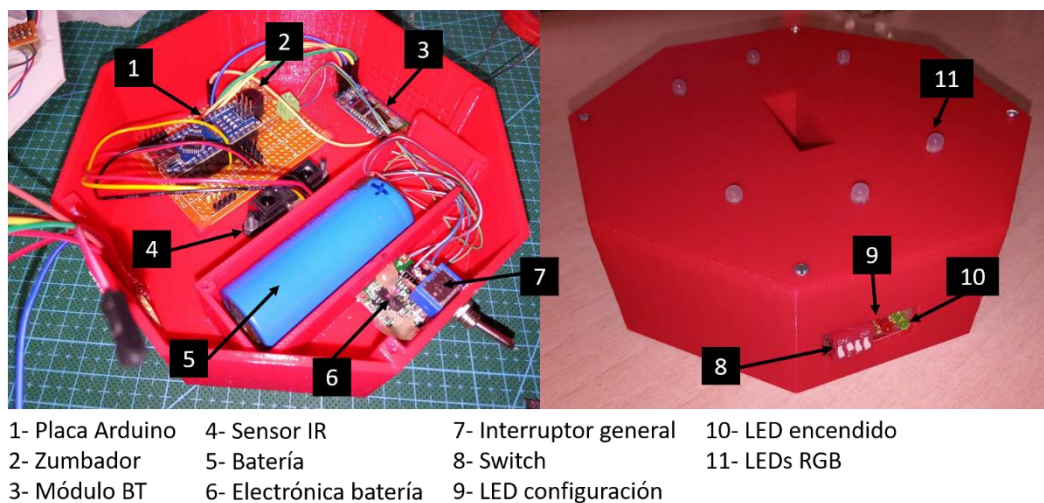


Ilustración 23: Situación espacial del Hardware en el dispositivo

3. Software

3.1. Herramientas de diseño de Software

3.1.1. IDE Arduino

El IDE de Arduino es un software gratis para programar sus placas. Este simplemente sirve para programar y descargar el programa a sus placas.

Arduino, tiene un lenguaje propio basado en C. En su página web se encuentra toda la información necesaria para su programación.

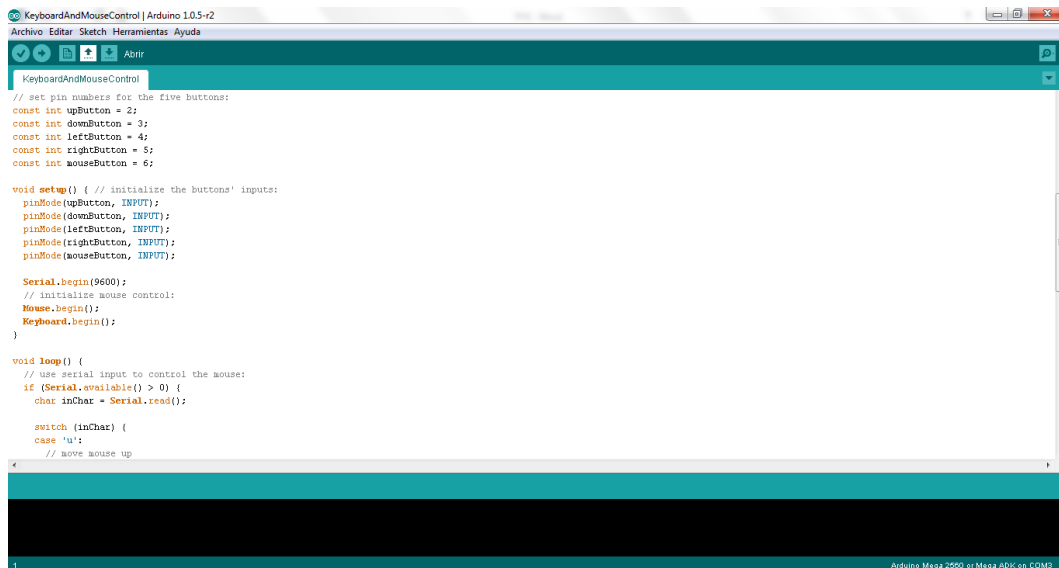


Ilustración 24: IDE de Arduino

3.1.2. App Inventor

App Inventor es un software creado por Google y posteriormente gestionado por el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) para crear aplicaciones para Android.

Esta aplicación permite crear aplicaciones a partir de una interfaz gráfica fácil de utilizar, permitiendo que personas que no han programado puedan crear aplicaciones sencillas sin necesidad de programar en Java.

Esta aplicación consta de dos pantallas, de diseño y de bloques.

A la izquierda de la pantalla de diseño el usuario tiene los gadgets necesarios para su pantalla, como por ejemplo botones, imágenes, chekslists, etc. Arrastrando estos gadgets puede insertarlos en la pantalla.

En el centro se encuentra el diseño de la pantalla que se está creando.

A la derecha se muestran los componentes y las propiedades del componente seleccionado, dónde el usuario puede cambiarlas.

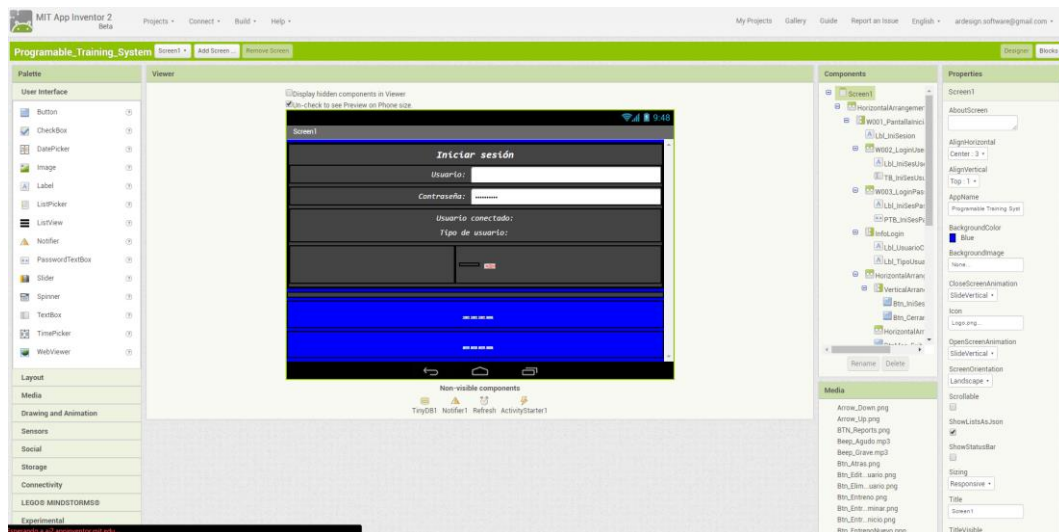


Ilustración 25: Pantalla de diseño App Inventor

Una vez creado el diseño visual de la aplicación, el usuario accede a la pantalla de bloques.

A la izquierda de esta pantalla el usuario encuentra los componentes necesarios para la parte de programación de la aplicación.

En la derecha, se encuentra el lienzo, dónde el usuario va uniendo bloques para crear la programación de manera simple.

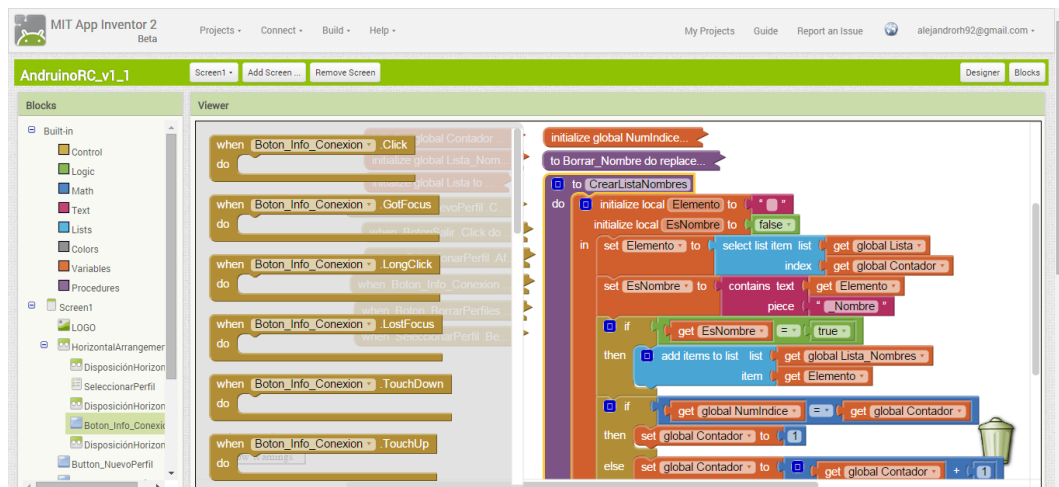


Ilustración 26: Pantalla de bloques de App Inventor

Esta herramienta, utilizada para el desarrollo de este proyecto, es sencilla y fácil de programar. Por lo tanto, no permite ajustar la aplicación del todo como queremos, tiene sus límites. Todo y tener límites, permite la creación de muchas aplicaciones diferentes.

3.2. Software Arduino

En este apartado se describe cómo funciona el programa de Arduino. En los anexos se encuentra el programa completo.

3.2.1. Programa principal

El programa principal de Arduino se divide en dos bloques, el bloque Setup y el bloque Loop.

El bloque Setup es el bloque que se ejecuta una única vez al inicializar la placa. En cambio el bloque Loop, que se ejecuta después del bloque Setup, es un bucle infinito. La secuencia de funcionamiento de la placa Arduino es la mostrada en el siguiente gráfico.

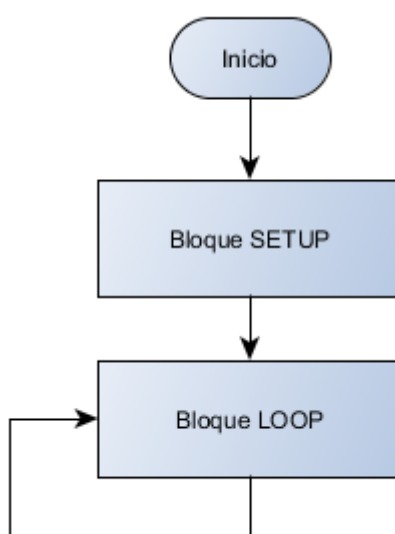


Ilustración 27: Secuencia bloques principales Arduino

3.2.1.1. Bloque Setup

En este proyecto, en el bloque Setup se inicializa el PINOUT de la placa Arduino, se inicializan las variables y se comprueba que el número de dispositivo actual es igual al que hay guardado en memoria, si no es así se configura el módulo BT con el nuevo número de dispositivo.

La secuencia del bloque Setup es la mostrada en el siguiente gráfico.

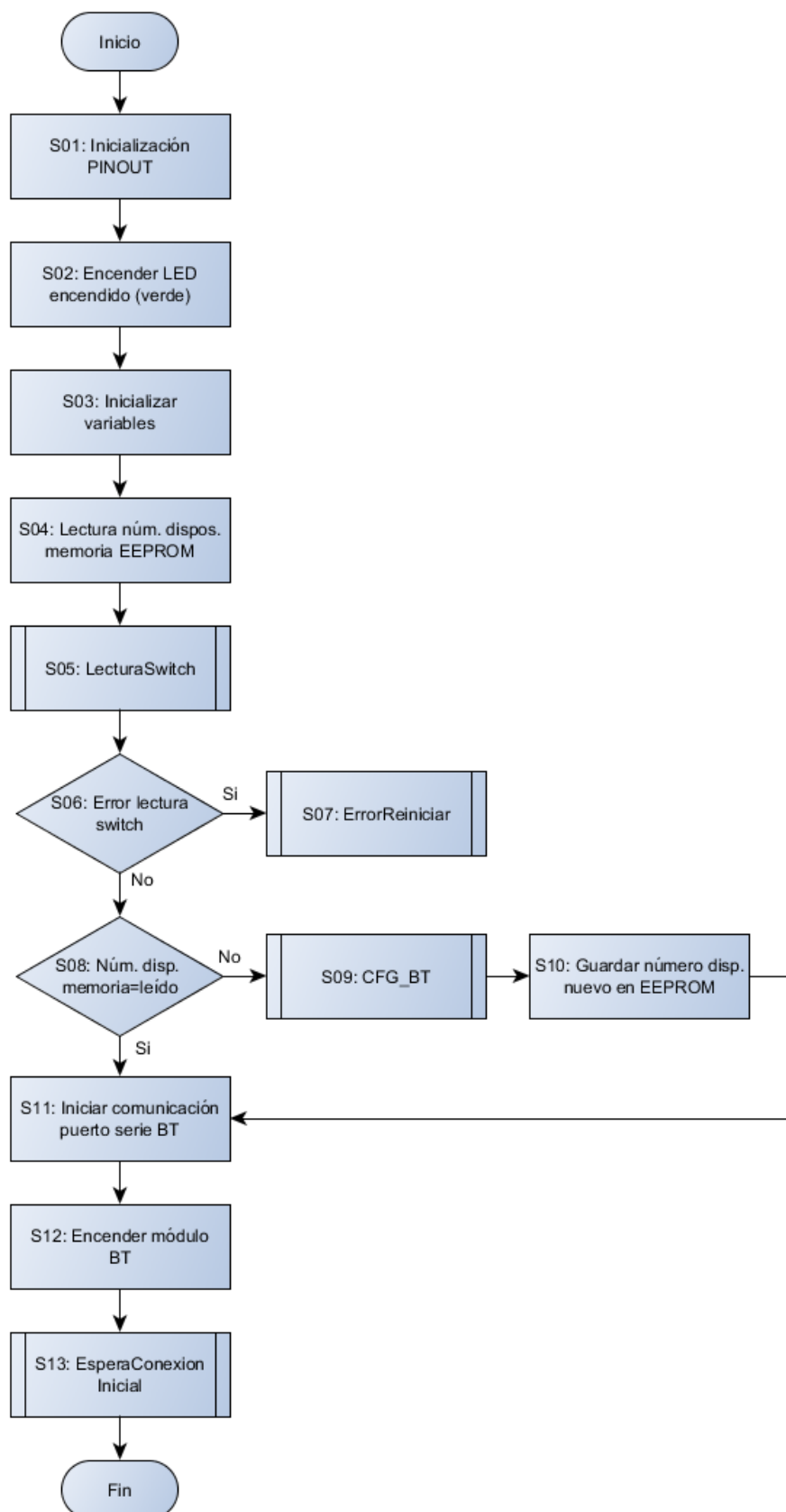
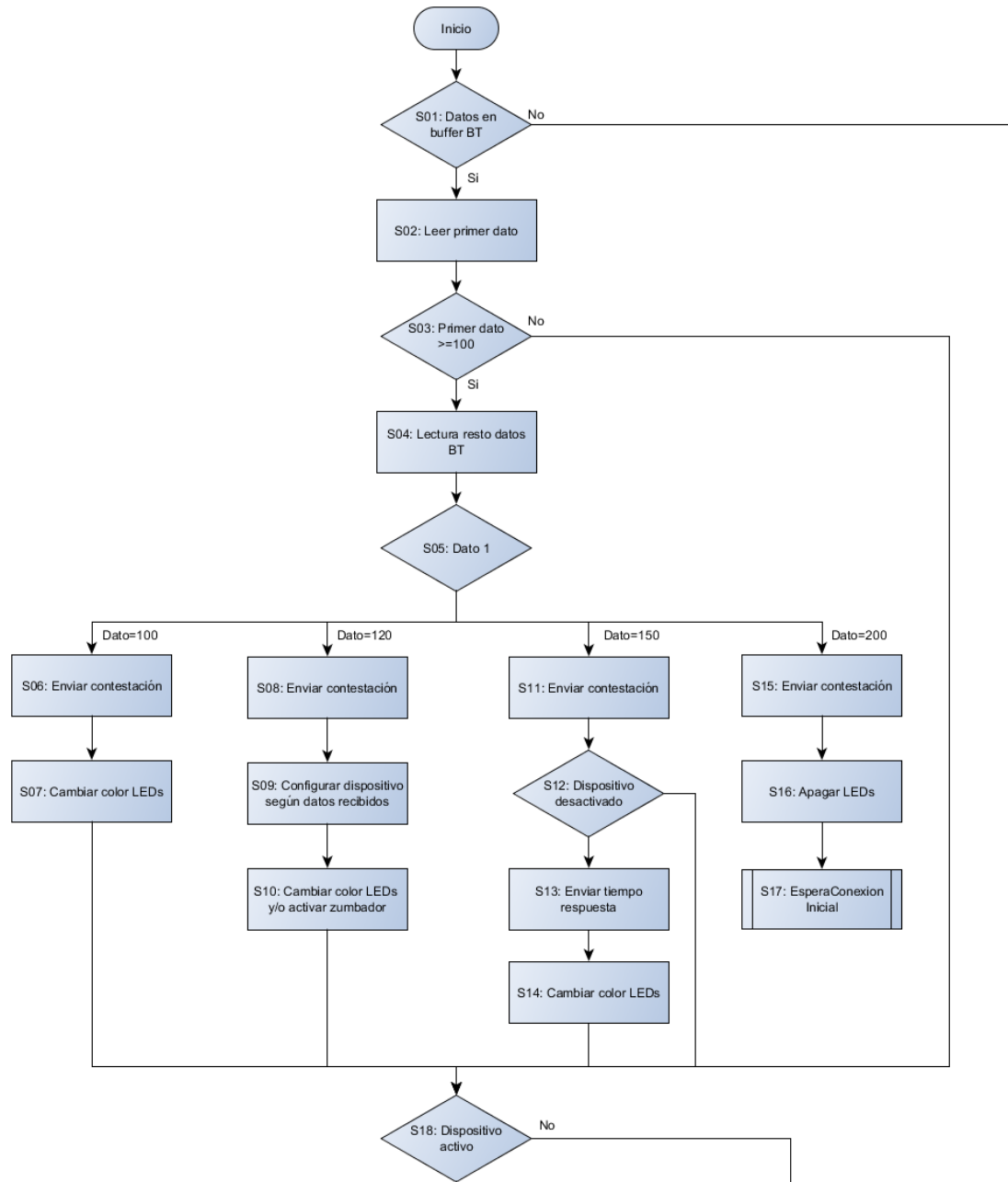


Ilustración 28: Secuencia bloque Setup Arduino

3.2.1.2. Bloque Loop

El bloque Loop es el bloque donde se encuentra el programa principal del dispositivo.

La secuencia del bloque Loop es la mostrada en el siguiente gráfico.



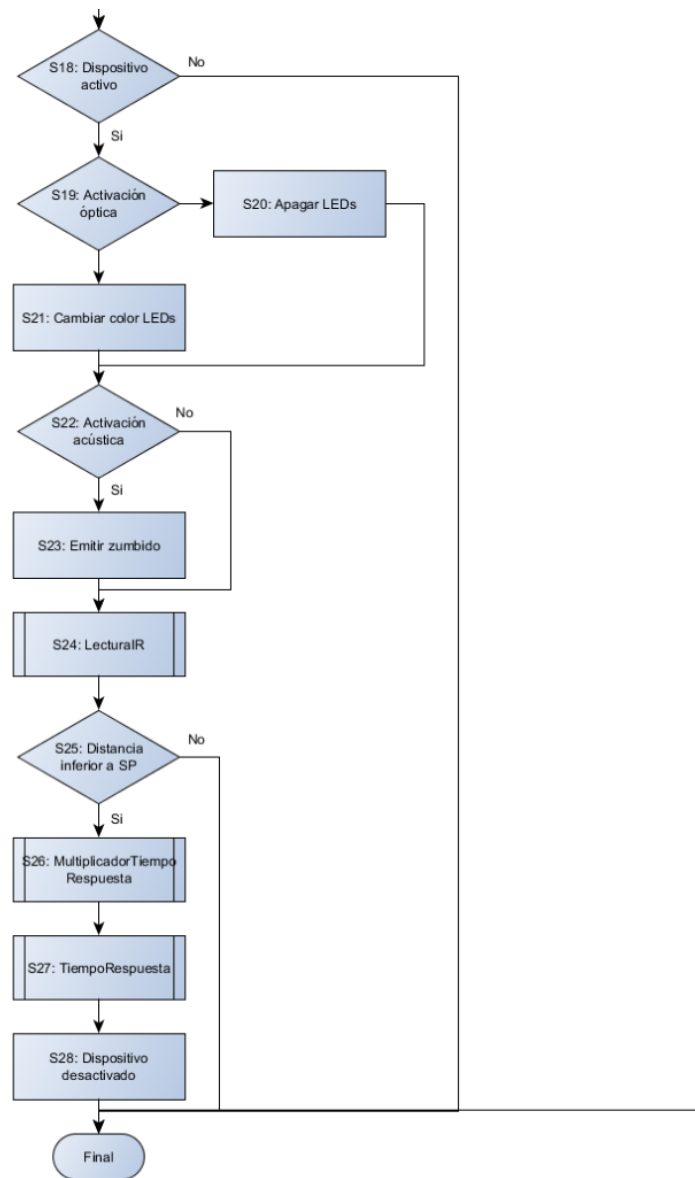


Ilustración 29: Secuencia bloque Loop

3.2.2. Funciones

3.2.2.1. Función de configuración del módulo BT (CFG_BT)

La función de configuración del módulo BT se utiliza para cambiar el nombre del dispositivo cuando mediante el switch se ha cambiado el número de dispositivo.

El nombre del dispositivo BT sigue siempre el mismo patrón:

$$\text{PTSv}[X]_[Y]$$

Ecuación 2: Patrón de nomenclatura del módulo BT del dispositivo

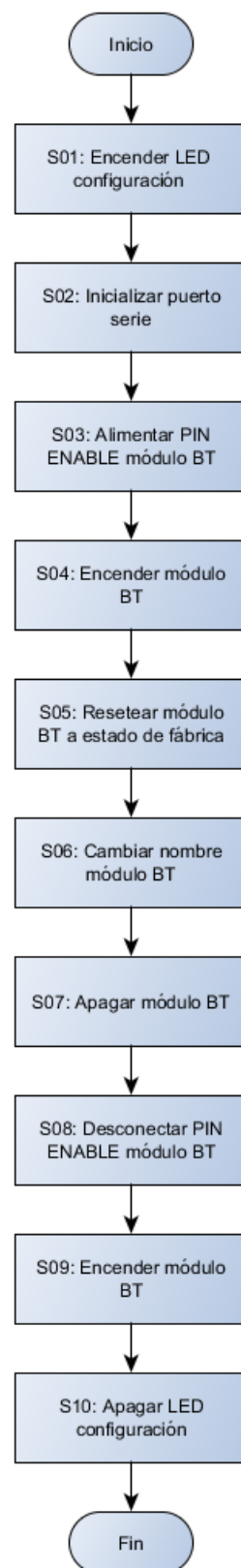
Dónde PTS (Programable Training System) indica que el dispositivo pertenece al sistema de entrenamiento, v[X] indica la versión del dispositivo dónde [X] es el número de versión y el [Y] indica el número de dispositivo configurado por el usuario.

La función necesita los siguientes parámetros de entrada:

	Tipo	Descripción
1	Integer	Número del dispositivo (leído del switch)

Tabla 8: Parámetros de entrada función configuración módulo BT

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.



Il·lustració 30: Secuencia función configuración módulo BT

3.2.2.2. Función de lectura del switch (*LecturaSwitch*)

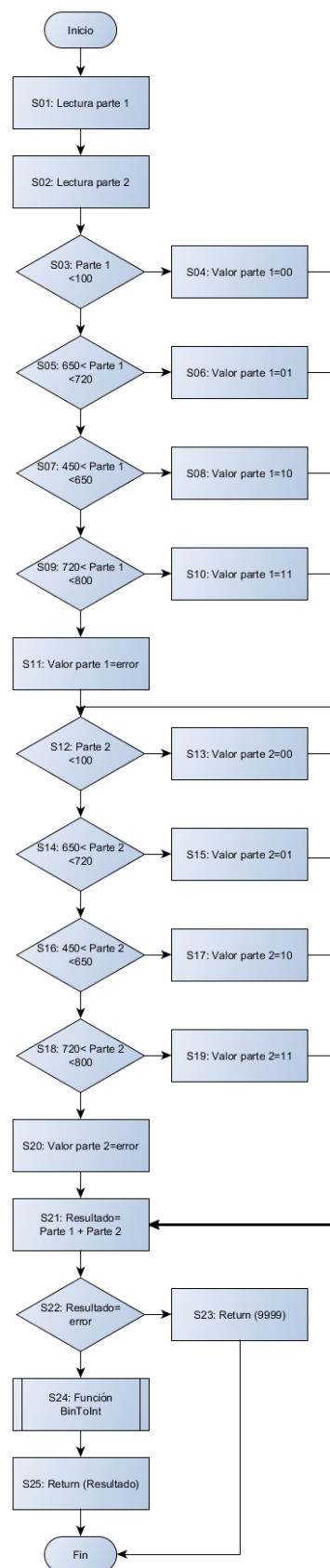
Esta función lee la lectura analógica del switch y la transforma a una lectura digital tal y como se ha explicado en el apartado 2.5.

La función necesita los siguientes parámetros de entrada:

	Tipo	Descripción
1	Integer	Número de PIN de la parte 1 del switch
2	Integer	Número de PIN de la parte 2 del switch

Ilustración 31: Parámetros de entrada función de lectura del switch

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.



Il·lustració 32: Secuencia función de lectura del switch

3.2.2.3. Función de cálculo del multiplicador (MultiplicadorTiempoRespuesta)

Esta función es un pequeño bucle que calcula el número de veces que hay que dividir el tiempo de respuesta registrado (en milisegundos) para que sea menor de 255. Esto es así porque la comunicación BT entre el dispositivo y la App se realiza enviando bytes, y un byte en número de valor entero comprende un rango de 0 a 255. El dispositivo registra el tiempo en que se ha activado y el tiempo en que se ha desactivado y obtiene el tiempo de respuesta. Como este tiempo de respuesta puede ser mayor a 255 y no enviarse solo con un byte se divide con un número entero hasta que es menor de 255. Seguidamente, el dispositivo envía a la App el valor entero con el cual se ha dividido el tiempo de respuesta y el resultado de la división para que lo App multiplique el valor entero por el resultado de la división y así calcule el tiempo de respuesta total, asegurando que siempre se van a enviar únicamente dos bytes.

La función necesita los siguientes parámetros de entrada:

	Tipo	Descripción
1	Unsigned long	Tiempo en que se activa el dispositivo (milisegundos)
2	Unsigned long	Tiempo en que se desactiva el dispositivo (milisegundos)

Tabla 9: Parámetros de entrada función cálculo del multiplicador

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.

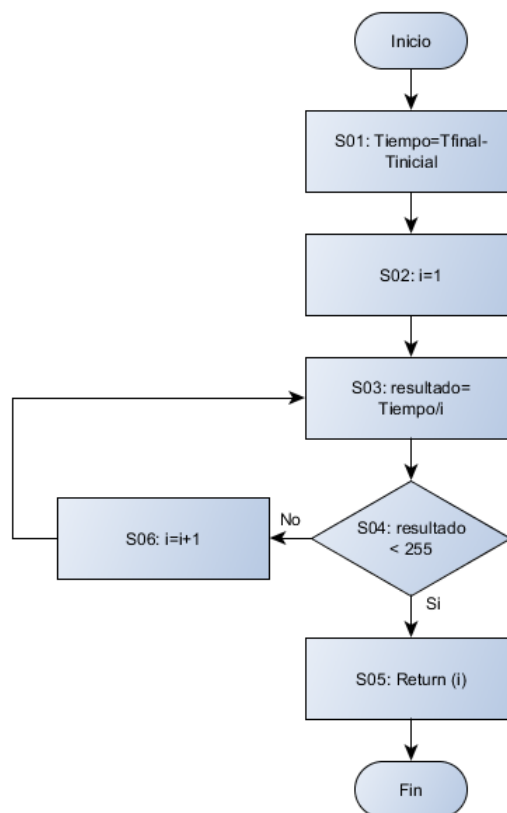


Ilustración 33: Secuencia función cálculo del multiplicador

3.2.2.4. Función de cálculo del tiempo de respuesta (TiempoRespuesta)

Esta función simplemente calcula el tiempo de respuesta a enviar, dividiendo el tiempo de respuesta por el multiplicado calculado con la función del apartado anterior para que el tamaño sea de un byte.

La función necesita los siguientes parámetros de entrada:

	Tipo	Descripción
1	Unsigned long	Tiempo en que se activa el dispositivo (milisegundos)
2	Unsigned long	Tiempo en que se desactiva el dispositivo (milisegundos)
3	Integer	Multiplicador

Tabla 10: Parámetros de entrada función de cálculo del tiempo de respuesta

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.

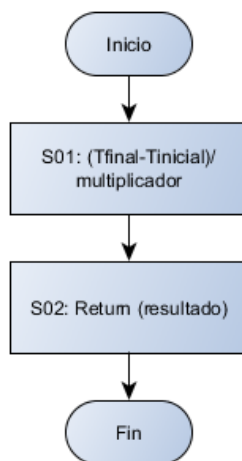


Ilustración 34: Secuencia función cálculo del tiempo de respuesta

3.2.2.5. Función conversión binario a entero (BinToInt)

Esta función es una función de conversión de una palabra en binario a un número entero.

La función necesita el siguiente parámetro de entrada:

	Tipo	Descripción
1	String	Número en binario a convertir

Tabla 11: Parámetros de entrada función de conversión de binario a entero

3.2.2.6. Función de error (ErrorReiniciar)

Esta función es un bucle infinito que es llamado cuando ha habido algún error durante la ejecución del programa y sirve para indicar al usuario que ha habido un error y se debe reiniciar el dispositivo.

Esta función no tiene parámetros de entrada.

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.

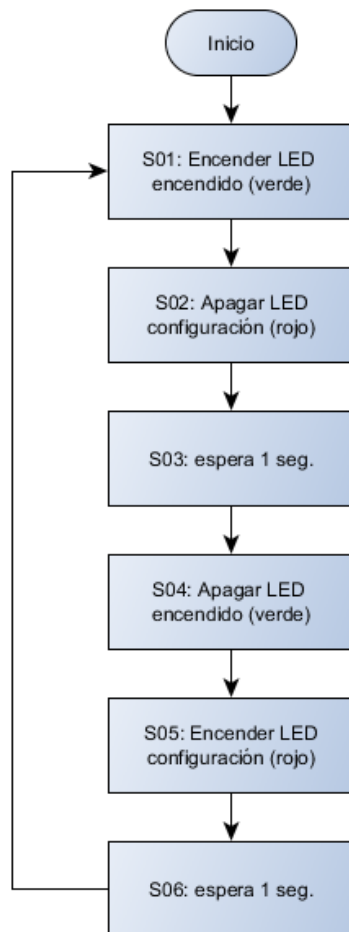


Ilustración 35: Secuencia función de error

3.2.2.7. Función de lectura del sensor de IR (LecturaIR)

Esta función devuelve el valor en centímetros de lectura del sensor de IR. Esta función, para evitar posibles errores de lectura, mide tres veces y calcula la distancia media obtenida para evitar medir en picos de tensión provocados por interferencias. El cálculo de conversión a centímetros está explicado en el apartado 2.3.

Esta función no tiene parámetros de entrada.

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.

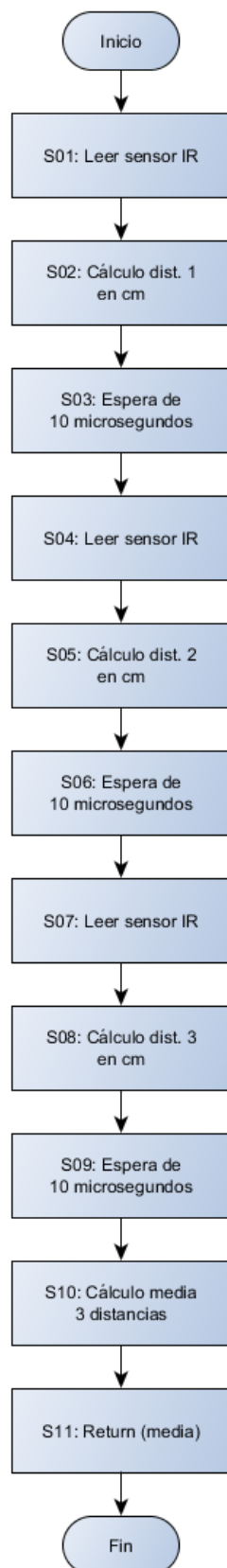


Ilustración 36: Secuencia función lectura sensor IR

3.2.2.8. Función de espera a conexión (EsperaConexionInicial)

Esta función simplemente se utiliza para que el usuario sepa visualmente que el dispositivo no está conectado a la App. Esta secuencia es un bucle que se ejecuta mientras no se reciban datos por el puerto BT y que cambia de color los LEDs RGB cada segundo.

Esta función no tiene parámetros de entrada.

La secuencia de la función es la mostrada en el siguiente gráfico.

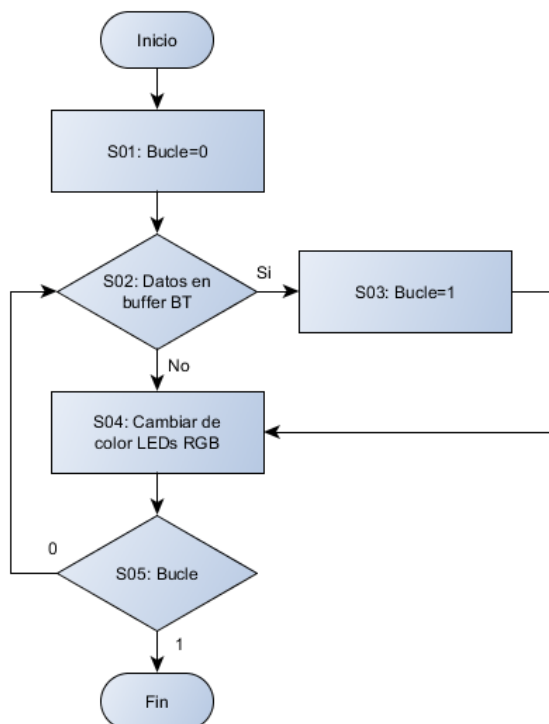


Ilustración 37: Secuencia función espera

3.3. Aplicación para Android

En este apartado se describirá la aplicación para Android.

3.3.1. Pantalla de inicio

Cuando el usuario abre la aplicación se muestra la pantalla siguiente:

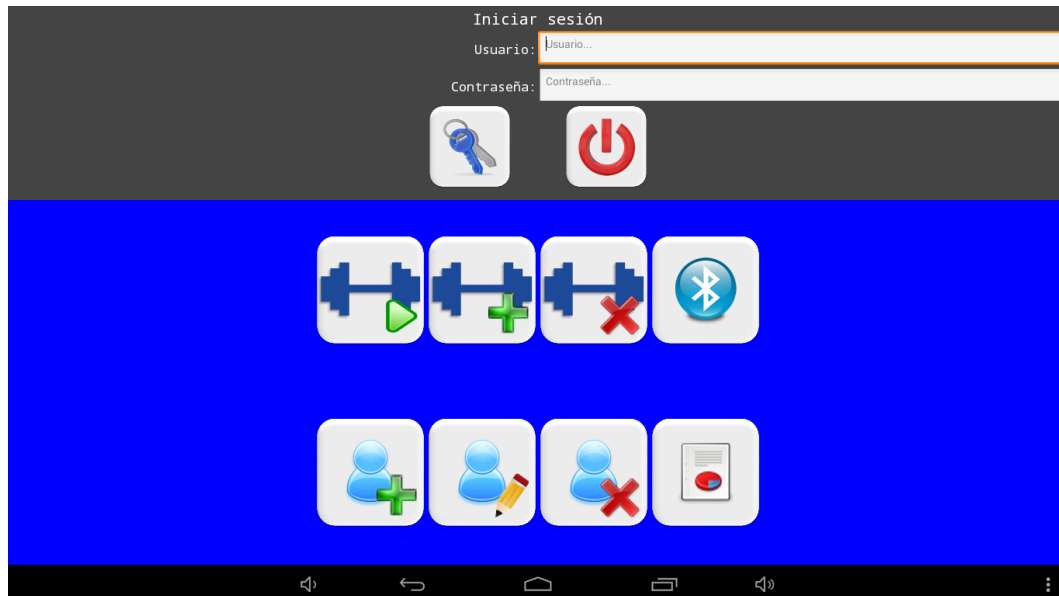


Ilustración 38: Pantalla de inicio

En esta pantalla se muestran los diferentes accesos de la aplicación y permite al usuario logarse, ya que dependiendo del tipo de usuario podrá acceder a unas pantallas u otras. Por defecto el usuario administrador es Admin con contraseña Admin. En la siguiente tabla se describen los accesos.








	Ejecutar un entrenamiento
	Crear un entrenamiento nuevo
	Eliminar entrenamiento
	Gestionar dispositivos
	Nuevo usuario
	Editar usuario
	Eliminar usuario
	Resultados

Tabla 12: Accesos pantalla de inicio

3.3.2. Pantallas usuarios

Las pantallas de usuario permiten crear, editar y eliminar usuarios.

3.3.2.1. Crear usuario

La pantalla de creación de usuario es la siguiente.

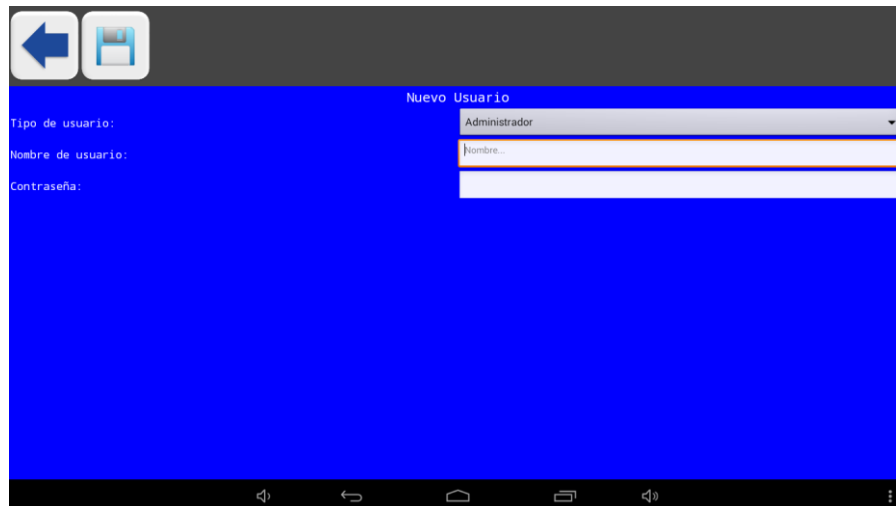


Ilustración 39: Pantalla creación de usuario

El tipo de usuario puede ser administrador o deportista. El administrador puede acceder a todas y cada una de las pantallas, en cambio, el deportista solo puede ejecutar un entrenamiento, editar el usuario y ver los resultados.

3.3.2.2. Editar usuario

La pantalla de edición de usuario es la siguiente.

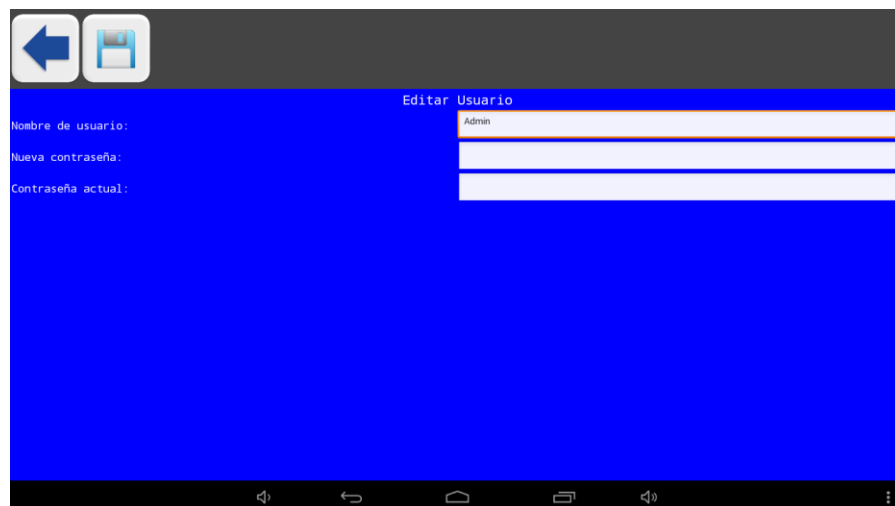


Ilustración 40: Pantalla editar usuario

El usuario solo puede editar el usuario activo, pudiendo cambiar el nombre de usuario y contraseña.

3.3.2.3. Eliminar usuario

La pantalla de eliminación de usuario es la siguiente.

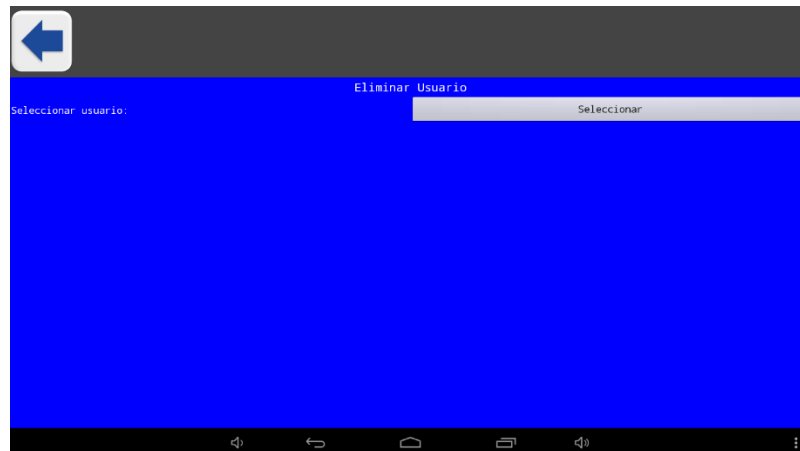


Ilustración 41: Pantalla de eliminación de usuario

Al seleccionar un usuario aparece un pop-up de aviso que pide confirmación para eliminar dicho usuario. El mensaje mostrado es el siguiente.

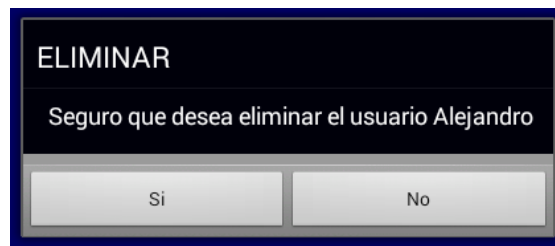


Ilustración 42: Mensaje confirmación para eliminar usuario

3.3.3. Gestión de dispositivos

La pantalla de gestión de dispositivos es la siguiente.



Ilustración 43: Pantalla gestión de dispositivos

En la pantalla de gestión de dispositivos el usuario puede seleccionar los dispositivos BT, emparejados anteriormente al móvil o tableta, y asignarlo a uno de los cinco dispositivos disponibles para la ejecución de entrenamientos. En el centro se muestra la dirección MAC y el nombre del dispositivo.

3.3.4. Pantallas entrenamiento

Las pantallas de entrenamiento permiten crear, ejecutar y eliminar los entrenamientos.

3.3.4.1. Pantalla de creación de entrenamientos

La pantalla de creación de un entrenamiento nuevo es la siguiente.



Ilustración 44: Pantalla creación de entrenamientos (tipo aleatorio)

En esta pantalla, el administrador puede crear los diferentes entrenamientos para posteriormente ser ejecutados.

Al entrar en la pantalla por defecto aparece el entrenamiento tipo aleatorio. Al cambiar el entrenamiento tipo aleatorio al de secuencia aparecen los parámetros de creación de un entrenamiento tipo secuencia como se muestra en la siguiente imagen.

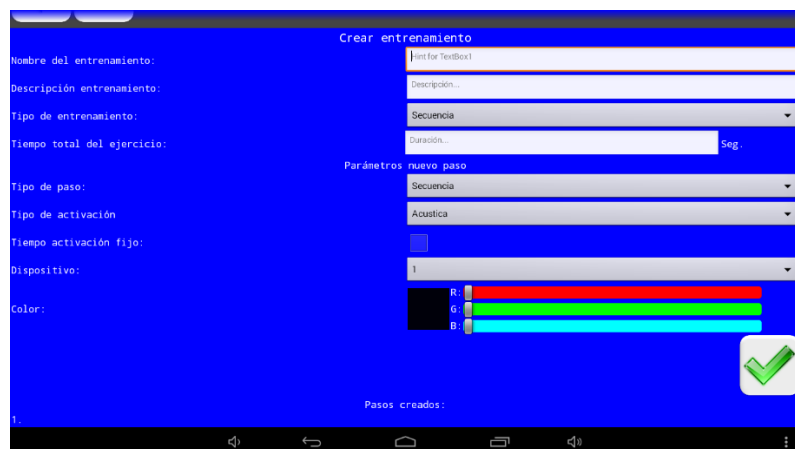


Ilustración 45: Pantalla creación de entrenamiento (tipo secuencia)

3.3.4.2. Pantalla de eliminación de entrenamientos

La pantalla de eliminación de un entrenamiento es la siguiente.

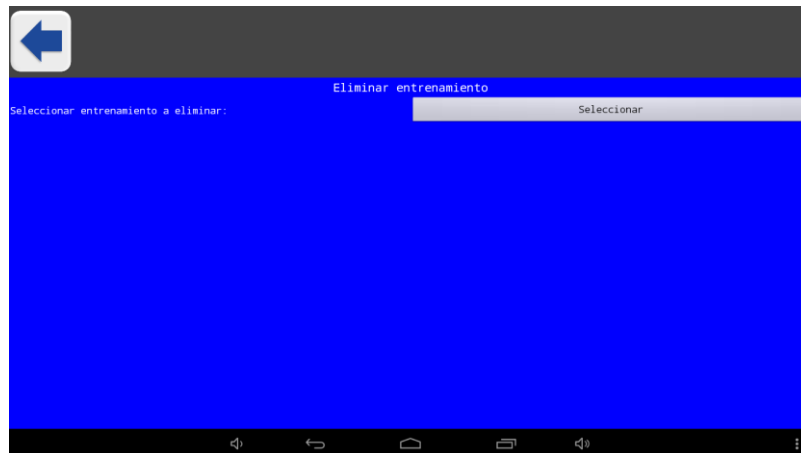


Ilustración 46: Pantalla eliminación de usuario

Si aún no se ha creado ningún tipo de entrenamiento el sistema mostrará el siguiente mensaje al acceder a la pantalla.

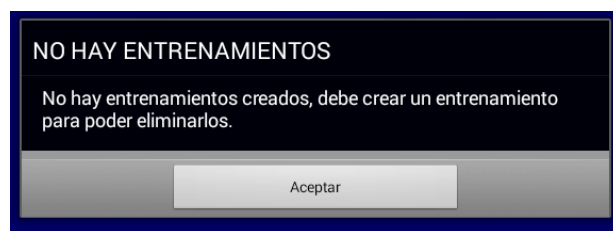


Ilustración 47: Mensaje de aviso de que no hay entrenamientos creados

3.3.4.3. Ejecutar entrenamiento

Dentro de la pantalla de ejecución de entrenamiento hay dos pantallas, la pantalla de selección de entrenamiento y deportista y la pantalla de ejecución del entrenamiento. Se puede cambiar de pantalla con los botones del menú lateral.

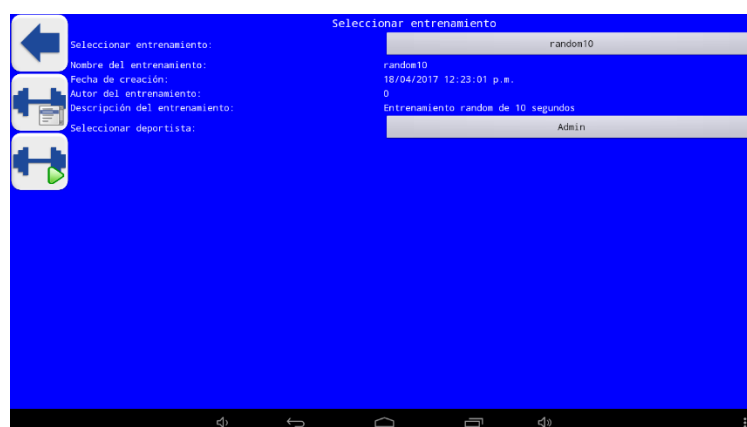


Ilustración 48: Pantalla de selección de entrenamiento y deportista



Ilustración 49: Pantalla de ejecución de un entrenamiento

Haciendo clic en el botón de play, el sistema conectará con los dispositivos que participan en el entrenamiento. Una vez se han conectado los dispositivos empezará una cuenta atrás de 5 segundos y al finalizar empezará a ejecutarse el entrenamiento. En el centro de la pantalla, en el texto superior (blanco) aparecerán los segundos restantes de entrenamiento y en el texto inferior (negro) los dispositivos que se han desactivado durante la ejecución del entreno.

3.3.5. Pantalla de resultados

En la pantalla de resultados el usuario puede ver los resultados obtenidos en los diferentes entrenamientos realizados con anterioridad.

La pantalla de resultados es la siguiente.



Ilustración 50: Pantalla de resultados

Seleccionando el usuario y entreno aparecen los diferentes entrenos en una lista. Seleccionando uno de los entrenos de la lista y haciendo clic sobre el botón ver resultados se muestra la información del entrenamiento como se muestra en la siguiente imagen.



←

Seleccionar usuario: Alejandro

Seleccionar entrenamiento: aaa

Cargar resultados Ver resultados Actualizar

Tiempo medio de respuesta (mSeg.): 574.5
Tiempo máximo de respuesta (mSeg.): 1936
Tiempo mínimo de respuesta (mSeg.): 332
Total de dispositivos desactivados: 46

Ilustración 51: Resultados entrenamiento

4. Presupuestos

En este apartado se hace un pequeño resumen de los presupuestos. En el documento de presupuestos se encuentran de forma más detallada.

4.1. Costes directos

En los costes directos, se tienen en cuenta los costes de personal y de material

Para calcular el coste de personal se ha tenido en cuenta la diferenciación entre la persona que diseña el prototipo y aquella que lo monta. Por lo tanto, para este proyecto se ha necesitado un ingeniero, que cobra 16€ la hora, y un trabajador formado, que cobra 11€ la hora.

Se ha tenido en cuenta también el 33% de la seguridad social.

El coste total de personal ha ascendido a 6184,5€, trabajando 270h el ingeniero y 30h el montador.

El coste de material, teniendo en cuenta que se fabrican 5 dispositivos, asciende a 225,06€.

Por lo tanto el coste total de los costes directos es de 6409,56€.

4.2. Costes indirectos

Los costes indirectos corresponden a material de oficina, energía consumida, amortización de los equipos, etc.

Los costes indirectos considerados han sido el 15% de los costes directos, por lo tanto el total de costes indirectos asciende a 961,43€.

4.3. Costes totales

Los costes totales del diseño del prototipo (suma de los costes directos e indirectos) ascienden a 7370,99€.

5. Futuras modificaciones

Como se ha comentado anteriormente, este proyecto trata sobre la creación de un prototipo. Por este motivo este sistema de entrenamiento puede evolucionar mucho. En este apartado se comentan diferentes posibles modificaciones futuras para la mejora del prototipo o producto.

En cuanto al dispositivo, primero de todo sería integrar la placa Arduino y los diferentes componentes en una placa PCB diseñada previamente. Esto permitiría una mayor fiabilidad del hardware, ya que soldando a mano en una placa PCB perforada hay muchas posibilidades de errores al soldar. También influiría en el tamaño del dispositivo, reduciendo costes de material y mejorando la ergonomía de los dispositivos.

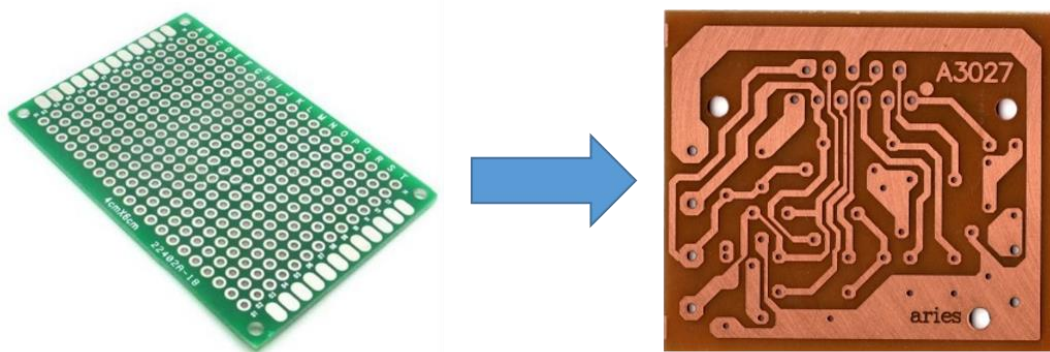
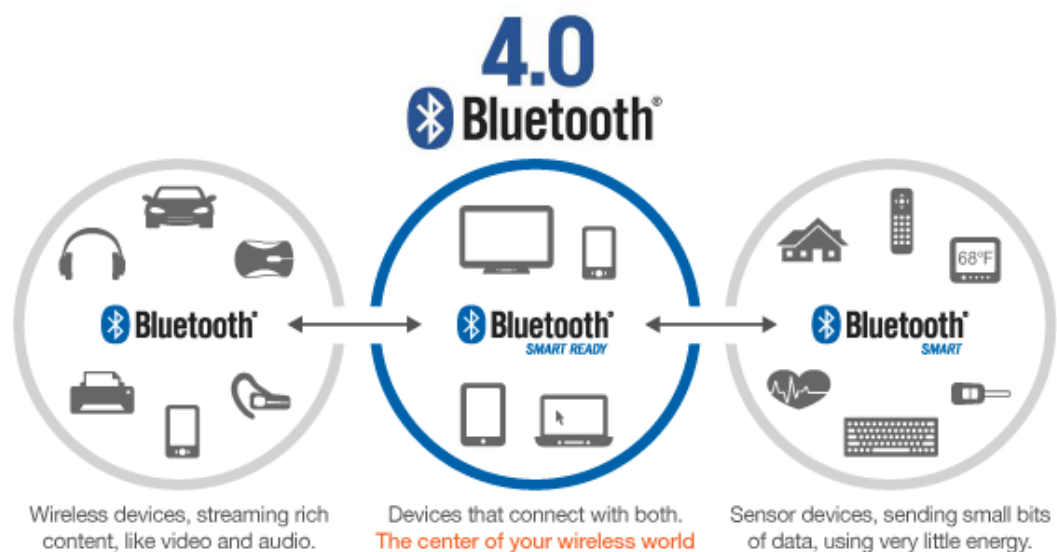


Ilustración 52: Izquierda placa PCB perforada, derecha placa PCB

Otra mejora sería cambiar los módulos Bluetooth HC-05 por módulos de Bluetooth 4.0 LE (Bluetooth de bajo consumo). Este nuevo tipo de Bluetooth permitiría al dispositivo aguantar durante más tiempo encendido, ya que lo primero que falla cuando la batería empieza a agotarse es la comunicación (no conecta bien con la aplicación, aunque el módulo está encendido). Con la utilización de Bluetooth 4.0 LE no solo mejoraría el consumo, sino que el rango de la nueva generación de dispositivos Bluetooth permite un mayor alcance (100m), interesante para el proyecto, ya que permite crear entrenamientos a mayor distancia permitiendo que se programen ejercicios tales como la *Course-Navette*. A más a más esta nueva tecnología ha mejorado la tasa de transferencia, la latencia y la seguridad. El único inconveniente de esta nueva tecnología es que no es compatible con los dispositivos Bluetooth de generaciones anteriores.



Il·lustració 53: Bluetooth 4.0

La carcassa del dispositiu se ha realitzat mitjançant impressió 3D amb plàstic PLA. Per a la realització del prototip és realment útil però per a la creació d'un producte a comercialitzar se debería plantejar otro mètode de fabricació i material. Per a fer un dispositiu resistent el material a utilitzar seria plàstic ABS (major resistència que el PLA) o alumini.

En quant a Software se ha utilitzat AppInventor per a la creació de la App. Este Software permet crear aplicacions per a Android de forma senzilla, però té les seves limitacions. Durant la realització de la Aplicació se han trobat diversos problemes, com per exemple superar el nombre màxim de pantalles que és capaç de soportar o no estar preparat per a l'utilització de Bluetooth 4.0 LE. Per a millorar la aplicació se debería crear amb un Software adequat per a programar aplicacions per a Android amb codi Java. També seria important que la aplicació no fos només per a Android, sinó que tingués la versió per a iOS de Apple o per a Windows. D'aquesta manera se milloraria el software i abarcaria molt més públic.

Una altra millora de software per al futur és que la aplicació permetés publicar els resultats en xarxes socials o intercanviés dades amb aplicacions de deport com per exemple Runastic o similars.

6. Situación del mercado

El prototipo realizado en este proyecto es un sistema de entrenamiento enfocado a sacar mayor partido al entrenamiento personal tanto a nivel personal como en grupo. Para ver realmente si es viable la realización de este producto primero debe mirarse como está el sector del fitness.¹

En cuanto a tamaño de mercado, Europa tiene un papel fundamental en el negocio del fitness, superando al de Estados Unidos. Durante el último año el negocio del fitness ha aumentado un 4%.

6.1. Situación de España dentro de Europa

En cuanto a la tasa de penetración de gimnasios (porcentaje de población que es socio de un club) España se sitúa por encima de la media Europea.

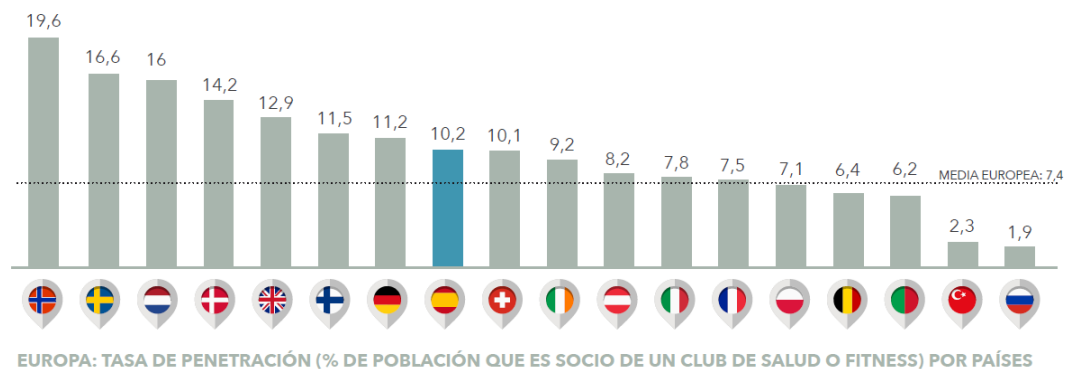


Ilustración 54: Tasa de penetración por países.

En cuanto a volumen de ingresos tenemos que España es el quinto mercado del fitness más importante de Europa detrás de países con mayor población.

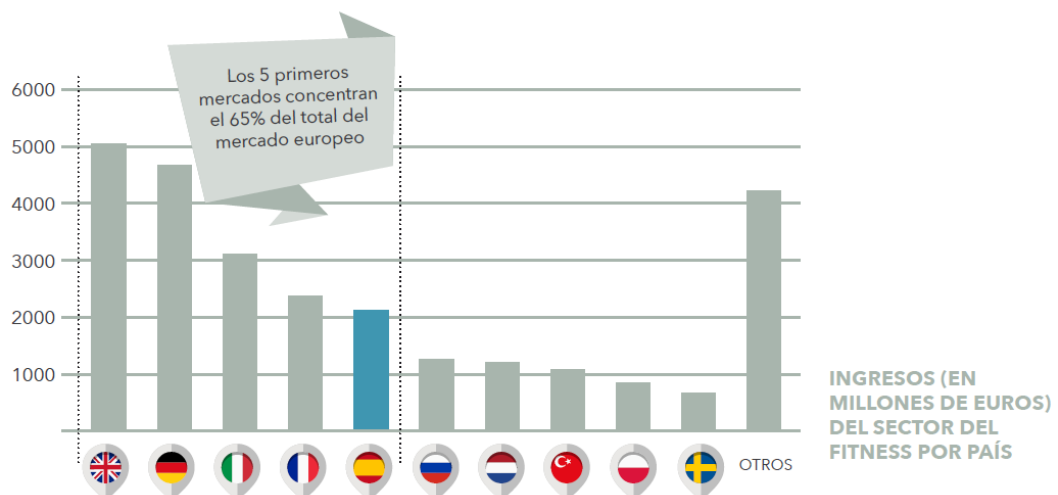


Ilustración 55: Ingresos del sector por países en Europa

¹ Fuente: Estudio anual del mercado del fitness en España 2015 de LIFE FITNESS.

Una de las actividades que ha crecido de forma significativa en España respecto a otros países de la unión Europea es el Crossfit. España es el mercado Europeo que más crece la tendencia de este deporte y el segundo en volumen absoluto.

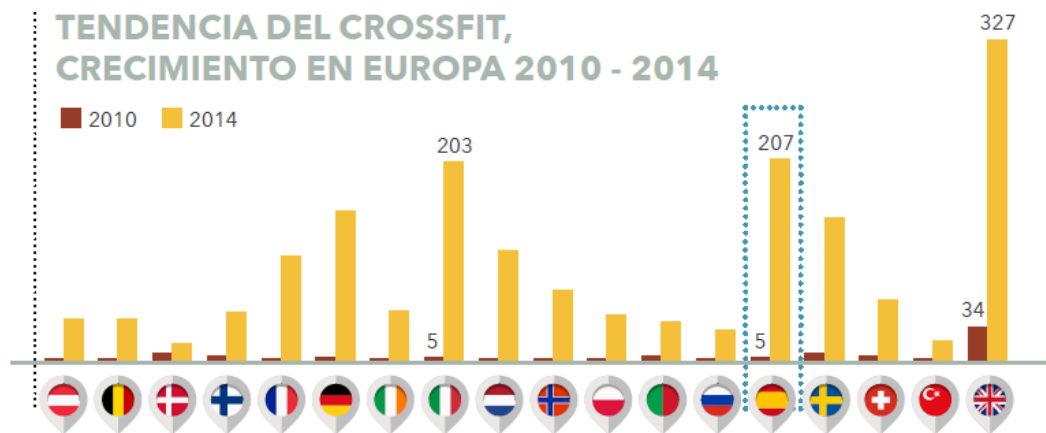


Ilustración 56: Tendencia del crossfit

6.2. Mercado español

En la siguiente imagen se muestran datos sobre el negocio en el estado Español.

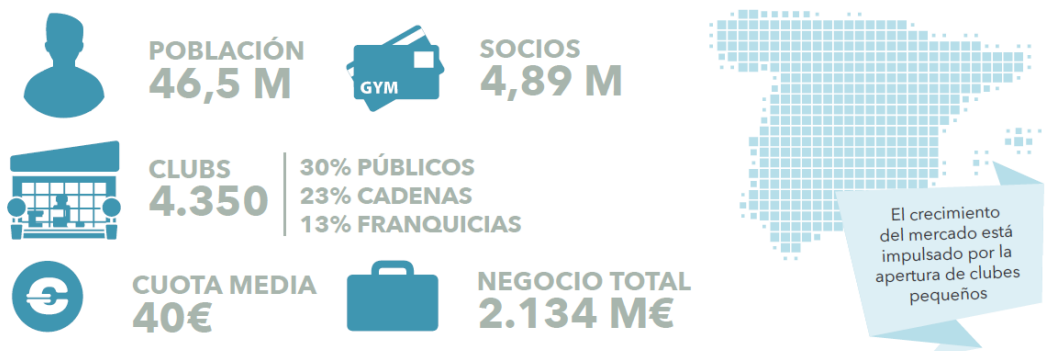


Ilustración 57: Datos del sector es España

Respecto a la evolución del número de socios en los clubes ha sido positiva. Todos los gimnasios han evolucionado positivamente des de 2013, de los cuales los que más clientes han aumentado son los clubes de estudios de entrenamiento personal y los Low cost.

Los clubes con más problemas para retener socios son los Mid Market y gimnasios municipales.

LOS CLIENTES ACTIVOS

RESPECTO DEL AÑO ANTERIOR

HA DISMINUIDO

SE MANTIENEN

HA AUMENTADO

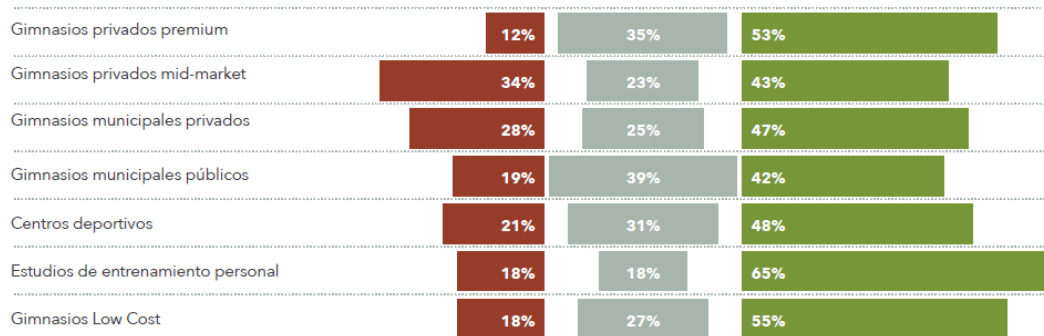


Ilustración 58: Tendencia clientes activos

En cuanto a las amenazas del sector la subida del IVA al 21% de 2012 sigue siendo considerada la principal. En el siguiente gráfico se muestran las principales amenazas del sector.

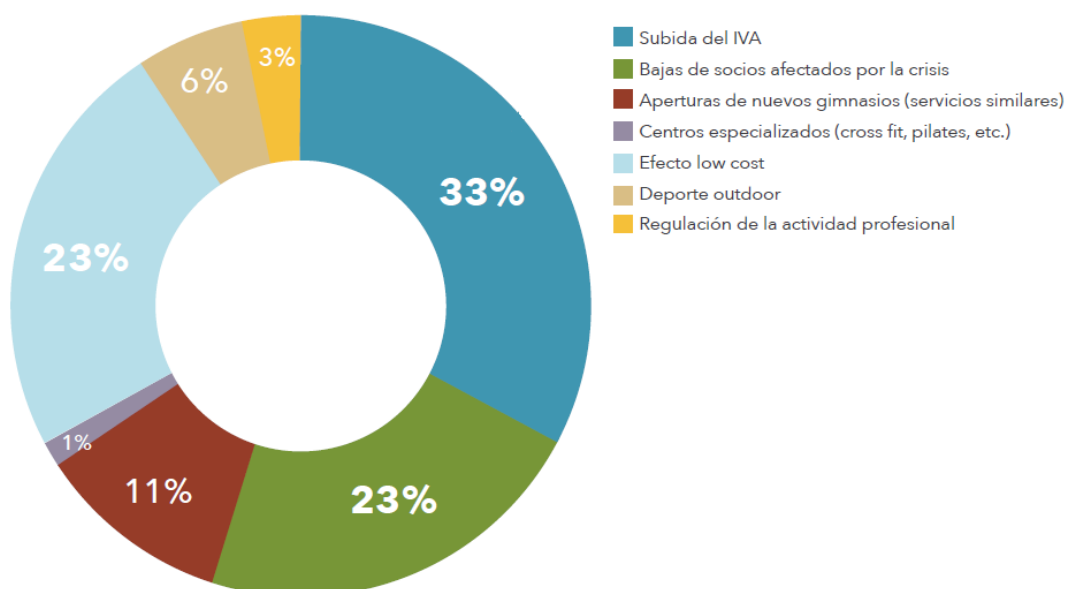


Ilustración 59: Amenazas del sector

Respecto a las inversiones en las salas de fitness se observa que la mayoría de entidades ha invertido menos de 20.000€, aunque hay que destacar que 1 de cada 3 centros ha invertido más de 20.000€.

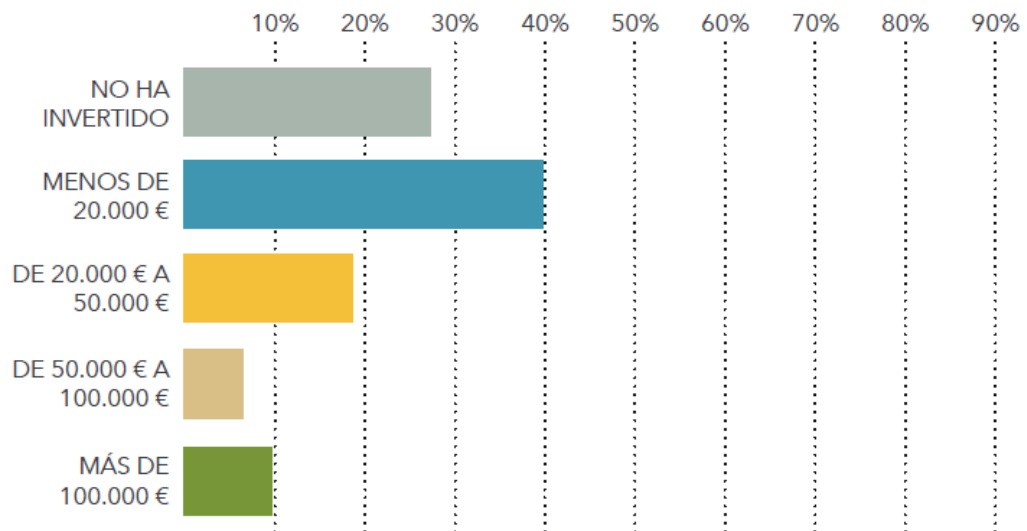


Ilustración 60: Inversión en las salas de fitness

INVERSIÓN SEGÚN EL TIPO DE CENTRO








-  Gimnasios low cost
-  Estudios de entrenamiento personal
-  Gimnasios privados premium
-  Centros deportivos
-  Gimnasios municipales privados
-  Gimnasios municipales públicos
-  Gimnasios privados mid-market



Ilustración 61: Inversión según el tipo de centro

Cada vez más, debido a que la tecnología avanza y afecta en nuestra forma de vida, se deben tener en cuenta los servicios tecnológicos. 7 de cada 10 gestores en España creen que los socios valoran positivamente que los centros deportivos cuenten con sistemas de conectividad y consideran que sus socios hacen un uso frecuente de nuevas tecnologías durante la práctica del deporte (apps para móvil, pulseras cuantificadoras, etc.)

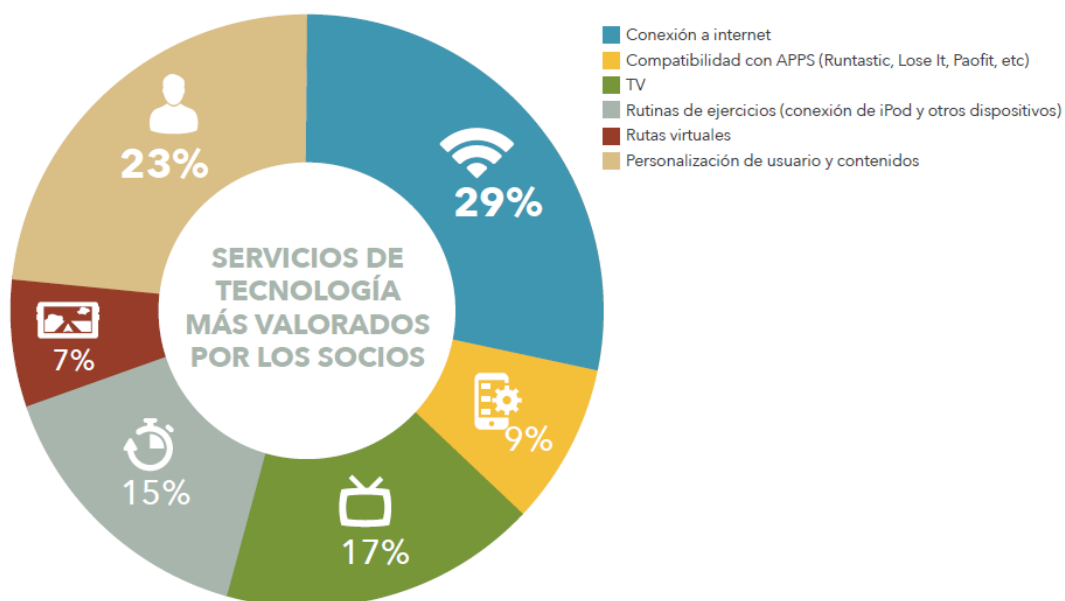


Ilustración 62: Servicios tecnológicos más valorados

Para finalizar, comentar que cada vez hay mayor conciencia de la relación entre la actividad física y la salud, por este motivo cada vez es más frecuente la prescripción de ejercicio físico rutinario como tratamiento para mejorar la calidad de vida.



Ilustración 63: Programas de salud más ofrecidos

6.3. El proyecto dentro del sector

Como se puede observar en los datos mostrados, el sector del fitness en España es un sector en auge a pesar de la crisis económica y la subida de precios debida a la subida del IVA al 21%. También se observa una tendencia a valorar la tecnología dentro del ámbito deportivo.

El prototipo creado en la realización de este proyecto podría encajar bien en el mercado, proporcionando a los usuarios nuevos métodos de entrenamiento individuales o grupales. Por ejemplo, en los datos mostrados anteriormente se menciona la tendencia positiva de participantes en la actividad del crossfit. ¿Qué ejercicios programados en el sistema de entrenamiento pueden ser útiles para el desarrollo del entrenamiento del crossfit? Esto depende de la capacidad creativa del entrenador y el usuario, pero a continuación se muestran 2 ejemplos de entrenamientos programables interesantes en el crossfit.

Ejemplo 1: Esprintar

Uno de los ejercicios del crossfit es esprintar. Con el prototipo podría programarse con 2 dispositivos una secuencia que contara cuantos esprints se han realizado durante un tiempo determinado, o calcular cuánto tiempo se ha tardado en realizar un número concreto de esprints.

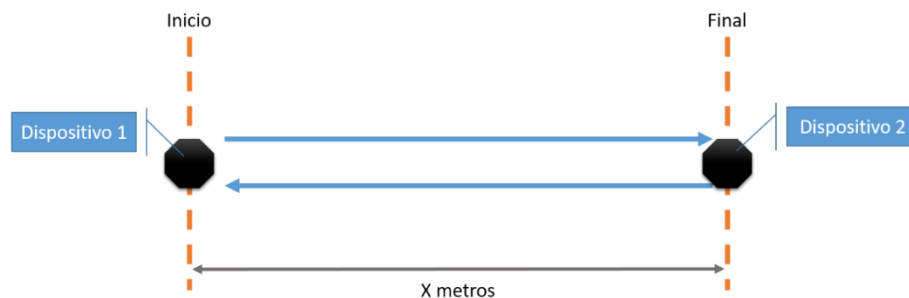


Ilustración 64: Esquema entrenamiento esprintar



Ilustración 65: Entrenamiento esprintar

Ejemplo 2: Saltar

Otro ejercicio que se utiliza en las clases de crossfit es el salto con pies juntos a una superficie a nivel superior, aprovechando la ventaja de que el dispositivo se puede desactivar sin llegar a tocarlo. En este caso se pueden programar dos dispositivos para que se desactiven con los pies. La secuencia empezaría activándose el dispositivo 1 (abajo). Cuando el dispositivo 1 se desactive, se activa el 2 (arriba) para que cuando el deportista salte y suba se desactive. Después de desactivarse el 2, se vuelve a activar el 1 creando un bucle hasta que se agote el tiempo o se hagan un número determinado de saltos.

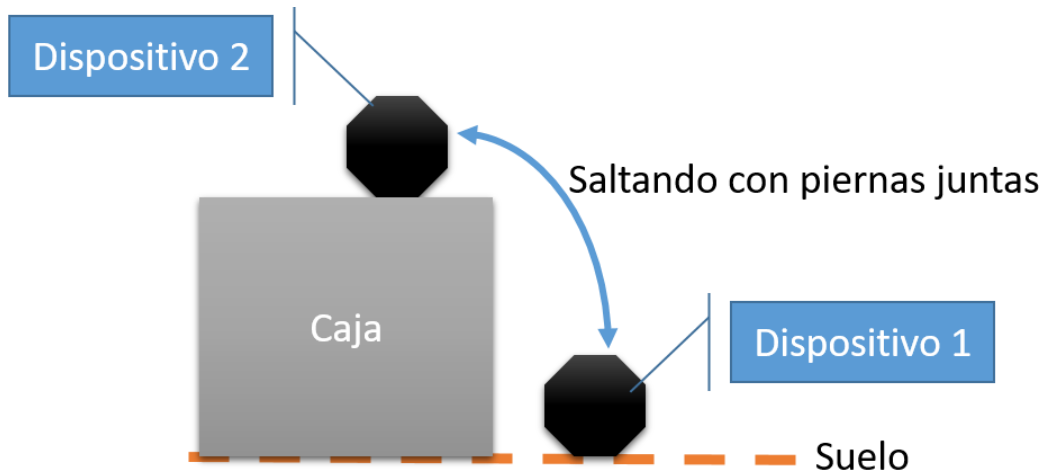


Ilustración 66: Esquema entrenamiento saltar



Ilustración 67: Entrenamiento saltar

En cuanto a los datos sobre el mercado mencionados anteriormente también hay que comentar los datos relativos a “estar conectado”. Como se menciona en el apartado 5 futuras modificaciones, el futuro del dispositivo pasa por poder conectar con diferentes aplicaciones y poder subir tus resultados a las redes. Dentro de estas posibles modificaciones es interesante dar importancia a la relación de los ejercicios con la salud para poder llegar a más gente.

En definitiva, este producto podría integrarse bien en el sector. Para sacar un pequeño precio aproximado de venta, considerando que se lleve a cabo el producto, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El coste de horas en la creación del producto más definitivo sería el triple.
- El coste de material de 5 dispositivos sería el triple.
- El coste de fabricación pasa a ser del 5%.
- Se estima que el producto se vende en el 5% de clubes de España.
- Se quiere obtener un beneficio del 20%.
- Se estiman los costes indirectos al 25% del total de horas.

Primero de todo se debe calcular el coste total, para luego poder sumarle el beneficio que se puede obtener y dividir por la estimación de ventas.

El cálculo del coste total es el siguiente:

$$\text{Coste total} = \text{Coste recursos} \cdot 3 + \text{Coste 5 dispositivos} \cdot 3 + \text{Coste fabricación (5\%)} + \text{Costes indirectos} \cdot 2$$

Ecuación 3: Ecuación costes totales

$$\begin{aligned} \text{Coste total} &= 6184,5 \cdot 3 + 218,5 \cdot 3 + 0,05 \cdot (218,5 \cdot 3) + 0,25 \cdot (6184,5 \cdot 3) \\ &= 23880,15\text{€} \end{aligned}$$

Ecuación 4: Cálculo costes totales

Si se quiere obtener un beneficio del 20%, tenemos un beneficio de 4776,03€. Pero si tenemos en cuenta que el estado se queda el 30% del beneficio el total asciende a 6208,84. El valor total asciende a 30088,99€.

Como se comenta en los datos anteriores, el número de clubes en España es de 4350. El 5% de clubes son 217,5. Se aproxima a 218.

Para realizar el cálculo hay que tener en cuenta el coste de material y fabricación de los 218 clubes (costes de horas y costes indirectos ya incluidos en el cálculo anterior).

El precio de venta sería:

$$\text{Precio venta} = \frac{30088,99 + 218 \cdot (218,5 \cdot 3 + 0,05 \cdot (218,5 \cdot 3))}{218} = 826,3\text{€}$$

Ecuación 5: Cálculo precio de venta de 5 dispositivos

Hay que tener en cuenta que este cálculo es muy aproximado y poco preciso.

7. Conclusiones

En este trabajo, se pretendía diseñar un prototipo de sistema de entrenamiento físico basado en Arduino y una Aplicación para Android. El dispositivo creado cumple con las especificaciones más básicas mencionadas en el apartado 1.5.

Cabe mencionar que este dispositivo tiene mucho margen de mejora, como se comenta en el apartado 5. Mejorando este sistema de entrenamiento con las mejoras mencionadas podría llegar a crearse un dispositivo apto para venta, que permitiese a los clubs mejorar sus entrenamientos y a los socios mejorar sus condiciones físicas pudiendo registrar sus mejoras y pudiéndolas compartir en redes sociales, aspecto importante a tener en cuenta como se comenta en el apartado 6.

Comentar también que se ha desarrollado solo el dispositivo básico, la idea tal y como se comenta en la introducción del trabajo es poder crear dispositivos que abarquen deportes más específicos, como la creación de escudos con sensor de presión o acelerómetros para deportes de contacto, dispositivos sumergibles para deportes de piscina o dispositivos con forma de pelota para deportes como fútbol o tenis.

En cuanto al precio de venta calculado en el apartado 6, volver a comentar que es un precio muy aproximado y poco real, aunque permite ver que este sistema de entrenamiento podría ser factible en cuanto a precio en muchos de los clubs. Como se comenta, en España la mayoría de clubs invierten menos de 20.000€ al año. El sistema de entrenamiento sería solo una pequeña parte de la inversión.

Sobre el proyecto, comentar que este estudio y desarrollo de prototipo sería muy útil para poder buscar patrocinadores que inviertan en el producto y así desarrollar un producto más completo y fiable.

Finalmente, en mi opinión, este sistema de entrenamiento podría aportar muchas ventajas para el entrenamiento personal y en vista de que el mercado del fitness en España está en auge y cada vez se valoran más las nuevas tecnologías aplicadas al deporte creo que podría tener un futuro esperanzador.

8. Bibliografía

1. <http://www.baboon.co.in/hc-sr501-pyroelectric-infrared-pir-motion-sensor-detector-module-for-arduino-avr/>. [En línea]
2. <http://pevest.com/appinventor2/?p=520>. [En línea]
3. <https://arduino-info.wikispaces.com/BlueToothCommandUtility>. [En línea]
4. <http://digiobs.blogspot.com.es/2015/10/configuracion-del-modulo-bluetooth-hc.html>. [En línea]
5. <https://www.sunfounder.com/>. [En línea]
6. https://docs.google.com/document/d/111Cus_XFV8ziz_hNLCp1ZdJFuP1avcE80H0UJHTMBIM/edit#heading=h.4d34og8. [En línea]
7. http://wiki.makespacemadrid.org/index.php?title=M%C3%B3dulo_HM-10. [En línea]
8. <http://www.martyncurrey.com/connecting-2-arduinos-by-bluetooth-using-a-hc-05-and-a-hc-06-pair-bind-and-link/>. [En línea]
9. <https://minibots.wordpress.com/2013/11/30/utilizacion-del-sensor-de-distancia-sharp-2y0a21/>. [En línea]
10. <https://www.fitlighttraining.com/products/>. [En línea]
11. http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/f2014/fx28_tcc54/ece4760_website/index.html. [En línea]
12. http://www.elazary.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34:inter-active-punching-bag&catid=12:karate&Itemid=6. [En línea]
13. <https://abieneman.wordpress.com/2010/04/04/punch-acceleration-sensor/>. [En línea]
14. <https://es.slideshare.net/ChristopherBrennan13/punch-sensor-arduino>. [En línea]
15. http://wiki.makespacemadrid.org/index.php?title=Bluetooth_Low_Energy. [En línea]
16. http://economia.elpais.com/economia/2015/12/18/actualidad/1450473196_496275.html. [En línea]
17. <http://www.munideporte.com/imagenes/documentacion/ficheros/014629A0.pdf>. [En línea]
18. <http://www.cmdsport.com/esencial/cmd-fitnessgym/espana-roza-los-cinco-millones-de-abonados-a-gimnasios/>. [En línea]